



TUGAS AKHIR - TE 141599

**IMPLEMENTASI RADAR DOPPLER DENGAN SINYAL
ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING
(OFDM) PADA PERANGKAT BERBASIS SOFTWARE
DEFINE RADIO (SDR)**

Irfan Ramadhan Pramudita
NRP 221310187

Dosen Pembimbing
Prof. Ir. Gamantyo Hendrantoro, M.Eng., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

[Halaman ini sengaja dikosongkan]



FINAL PROJECT - TE 141599

**IMPLEMENTATION OF DOPPLER RADAR USING
ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION
MULTIPLEXING (OFDM) SIGNAL ON SOFTWARE
DEFINE RADIO (SDR) PLATFORM**

Irfan Ramadhan Pramudita
NRP 2213100187

Advisors
Prof. Ir. Gamantyo Hendrantoro, M.Eng., Ph.D.

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty of Electrical Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “**Implementasi Radar Doppler dengan Sinyal *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)* pada *Perangkat Berbasis Software Define Radio (SDR)***” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 1 Juli 2017

Irfan Ramadhan Pramudita
2213100187

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

**IMPLEMENTASI RADAR DOPPLER DENGAN SINYAL
ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING
(OFDM) PADA PERANGKAT BERBASIS SOFTWARE
DEFINE RADIO (SDR)**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia
Departemen Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui:

Dosen Pembimbing


Prof. Ir. Gamantyo Hendranto, M.Eng., Ph.D.
NIP. 19701111 1993 03 1002



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

IMPLEMENTASI RADAR DOPPLER DENGAN SINYAL *ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING* (OFDM) PADA PERANGKAT BERBASIS *SOFTWARE DEFINE RADIO* (SDR)

Nama : Irfan Ramadhan Pramudita
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Gamantyo Hendrantoro, M.Eng., Ph.D.

ABSTRAK

Perkembangan sistem radar sudah mulai digunakan sebagai terapan teknologi pada beberapa bidang seperti pada tata ruang kota hingga kebutuhan medis dimana dapat digunakan sebagai pendeteksi kanker. Pengembangan sistem radar doppler OFDM ditujukan guna mendapatkan hasil deteksi laju radial dan jarak dari objek dengan menggunakan perangkat berbasis SDR untuk meningkatkan hasil deteksi dan meningkatkan kesedarhanaan perangkat, diperlukan penyesuaian konfigurasi dan parameter demi mendapatkan hasil visualisasi dan deteksi dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi. Penerapan sistem radar doppler OFDM diperlukan peningkatan spesifikasi perangkat SDR untuk dapat menghasilkan tingkatan kinerja yang lebih baik pada sistem radar. Maka perangkat SDR yang digunakan yaitu perangkat USRP yang mempunyai spesifikasi sesuai untuk dapat diimplementasikan kepada sistem radar doppler OFDM.

Desain rancangan mengacu pada radar OFDM model Wiesbeck dengan *mathscript* yang diinputkan pada perangkat lunak LabVIEW Communication sebagai pengolahan sistem radar yang bekerja pada frekuensi S-Band untuk selanjutnya menggunakan perangkat USRP NI-2943R sebagai perangkat pembangkit dan penerima sinyal radar doppler OFDM yang sesungguhnya. Dari hasil pengujian, untuk meningkatkan hasil deteksi perlu diperhatikan jumlah *subcarrier* dan simbol OFDM yang dibangkitkan. Dari hasil, didapatkan kesalahan relatif hasil deteksi laju radial sebesar 5.6% dan deteksi jarak sebesar 16.8% dengan *bandwidth* 40MHz. Peningkatan *IQ rate* yang sebanding dengan nilai *bandwidth* sinyal OFDM pada penggunaan USRP sangat mempengaruhi kinerja sistem perangkat.

Kata Kunci: Radar Doppler, OFDM, SDR, USRP

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

IMPLEMENTATION OF DOPPLER RADAR USING ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING (OFDM) SIGNAL ON SOFTWARE DEFINE RADIO (SDR) PLATFORM

Name : Irfan Ramadhan Pramudita
Advisor : Prof. Ir. Gamantyo Hendrantoro, M.Eng., Ph.D.

ABSTRACT

The radar systems development has begun to be used as applied technology in several areas such as the urban spatial to medical needs which can be used as a cancer detector. The development of an doppler radar OFDM system is aimed at obtaining radial velocity and distance detection results from objects using SDR-based devices to improve detection results and improve simplified the platform, configuring parameters and parameters was needed to obtain visualization and detection results with a high level of accuracy. The adoption of an OFDM doppler radar system requires the upgrading of SDR specifications to reach better performance levels in radar systems. So, the SDR used is a USRP device, that has the compatible specifications for implemented to the doppler radar OFDM system.

The planning design refers to the OFDM radar of the Wiesbeck model with mathscript inputted to LabVIEW Communication software as a radar system processing, the frequency choosen on S-Band to further use the USRP NI-2943R device as a real OFDM radar doppler signal generator and receiver device. From the experiment results, to improve the detection results it is necessary to notice the number of subcarriers and OFDM symbols was trasmitted. Of the results obtained, relative error for radial velocity detection of 5.6% and range detection of 16.8% with 40MHz bandwidth. An increase in IQ rate equal to the OFDM signal bandwidth value in USRP usage, that greatly affects the performance of system.

Keyword : Doppler Radar, OFDM, SDR, USRP

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

KATA PENGANTAR

Puji Syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan anugerah-NYA untuk dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul “**Implementasi Radar Doppler dengan Sinyal *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)* Pada Perangkat Berbasis *Software Define Radio (SDR)***” untuk memenuhi persyaratan pendidikan pada Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia, Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya yang dalam pengerjaannya terdapat berbagai kendala dan permasalahan, namun atas bantuan dari berbagai pihak, kendala dan permasalahan dapat teratasi. Karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu membantu dalam berbagai hal.
2. Prof. Ir. Gamantoro Hendranto, M.Eng., Ph.D. dan Ibu Devy Kuswidiastuti, S.T., M.Sc. atas bimbingan yang diberikan dari awal penelitian sampai dengan ujian tugas akhir.
3. Rekan-rekan anggota Lab 306 yang telah membantu dalam melakukan proses pengujian penelitian tugas akhir.
4. Rekan-rekan senior yang telah membantu memberikan saran dan petunjuk atas penelitian tugas akhir.
5. Seluruh rekan yang telah memberikan sumbangsih dalam bentuk pemikiran maupun tenaga dalam penelitian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan laporan yang dikarenakan keterbatasan dari penulis. Walaupun demikian, diharapkan laporan ini dapat bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan.

Surabaya, Juli 2017

Penilis

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR ISI

COVER	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
TABLE OF CONTENT	xix
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL.....	xxv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Permasalahan.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan.....	2
1.5. Metodologi	3
1.6. Sistematika Pembahasan.....	5
1.7. Relevansi	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Sistem Radar.....	7
2.1.1. Deteksi Target	7
2.1.2. Radar Cross Section	9
2.2. Teknik Sinyal OFDM	9
2.2.1. FFT/IFFT.....	10
2.2.2. Cyclic Prefix.....	11
2.3. Modulasi QPSK.....	12

2.4. Radar OFDM	14
2.4.2. Frekuensi Doppler dan Spasi Frekuensi Antar Subcarrier	15
2.4.3. Jarak Maksimal dan Resolusi Jarak	16
2.4.4. Laju radial Maksimal dan Resolusi Laju radial.....	16
2.5. Metode Pemrosesan Radar	16
2.5.1. Metode Pemrosesan Berdasarkan Simbol dan Periodogram	17
2.6. Link Budget Radar	17
2.7. SDR	18
2.8. USRP RIO	19
2.8.1. USRP NI-2943R	19
2.8.2. Bandwidth USRP RIO	21
2.8.3. Daya Pancar USRP RIO	21
BAB 3 SKEMA PENGUJIAN SEBAGAI VALIDASI HASIL DESAIN RADAR DOPLER OFDM	23
3.1. Pemodelan Sistem	23
3.2. Perancangan Sistem dengan Simulasi MATLAB	27
3.2.1. Sub Sistem Pemancar Pada MATLAB	27
3.2.2. Sub Sistem Penerima Pada MATLAB	29
3.2.3. Sub Sistem Pengolahan Informasi Pada MATLAB	30
3.2.4. Pemodelan Target Pada MATLAB	32
3.3. Perancangan Sistem dengan Simulasi LabView Communication	33
3.3.1. Sistem Radar Doppler OFDM Pada LabVIEW Communication.....	33
3.3.2. Pemodelan Target dengan Simulasi LabVIEW Communication.....	36
3.4. Perancangan Sistem Pengujian.....	37
3.4.1. Sub Sistem Pemancar	37

3.4.2. Sub Sistem Penerima	40
3.4.3. Sub Sistem Konfigurasi USRP	42
3.4.4. Sub Sistem Pengolahan Sinyal	43
3.4.5. Sub Sistem Perancangan dengan Mathscript	45
3.5. Target Radar	45
3.6. Antena Radar	46
3.7. Skenario Pengujian	49
3.7.1. Kalibrasi Sistem	50
3.7.2. Skema dan Konfigurasi Pengujian	52
BAB 4 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	55
4.1. Analisis Deteksi Laju radial dan Jarak Radar (pada simulasi)..	55
4.1.1. Analisis Hasil Deteksi Laju Radial Terhadap Jumlah Subcarrier dan Simbol OFDM.....	55
4.1.2. Analisis Hasil Deteksi Jarak Terhadap Jumlah Subcarrier dan Simbol OFDM	56
4.2. Sinyal Radar OFDM dengan USRP RIO.....	57
4.3. Analisis Hasil Deteksi Laju radial	58
4.4. Analisis Hasil Deteksi Jarak	62
4.5. Sistesis	66
BAB 5 PENUTUP	69
5.1. Kesimpulan.....	69
5.2. Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN A	73
LAMPIRAN B	75
LAMPIRAN C	79
LAMPIRAN D.....	85
RIWAYAT PENULIS	87

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

TABLE OF CONTENT

COVER.....	i
STATEMENT SHEET	v
APPROVAL SHEET	vii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	xi
FOREWORD	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
TABLE OF CONTENT	xix
LIST OF FIGURE.....	xix
LIST OF TABLE	xxv
CHAPTER 1 PREFACE.....	1
1.1. Background	1
1.2. Problem	2
1.3. Scope of Problem	2
1.4. Objectives	2
1.5. Methodology	3
1.6. Systematic of Discussion.....	5
1.7. Relevance	5
CHAPTER 2 LITERATURE REVIEW	7
2.1. Radar System.....	7
2.1.1. Target Detections	7
2.1.2. Radar Cross Section	9
2.2. OFDM Signal Technique.....	9
2.2.1. FFT/IFFT.....	10
2.2.2. Cyclic Prefix.....	11
2.3. QPSK Modulation	12

2.4. OFDM Radar.....	14
2.4.2. Doppler Frequency and Frequency Space Between Subcarrier.....	15
2.4.3. Maximum Range and Range Resolution.....	16
2.4.4. Maximum Radial Velocity and Radial Velocity Resolution	16
2.5. Method of Radar Processing	16
2.5.1. Method Processing Based on Symbol and Periodogram ...	17
2.6. Radar Link Budget	17
2.7. SDR	18
2.8. USRP RIO.....	19
2.8.1. USRP NI-2943R	19
2.8.2. Bandwidth of USRP RIO	21
2.8.3. Transmitted Power of USRP RIO	21
CHAPTER 3 SCHEME OF TESTING AS A RESULT VALIDATION FOR OFDM RADAR DOPPLER DESIGN	23
3.1. System Modeling	23
3.2. System Design using MATLAB Simulation.....	27
3.2.1. Sub System of Transmitter on MATLAB	27
3.2.2. Sub System of Receiver on MATLAB	29
3.2.3. Sub System of Information Processing on MATLAB	30
3.2.4. Target Modeling on MATLAB.....	32
3.3. System Designing using LabView Communication Simulation	33
3.3.1. Doppler OFDM Radar System on LabVIEW Communication.....	33
3.3.2. Target Modeling using LabVIEW Communication Simulation	36
3.4. System Design for Testing	37

3.4.1. Sub System of Transmitter	37
3.4.2. Sub System of Receiver	40
3.4.3. Sub System of USRP Configuration	42
3.4.4. Sub System of Signal Processing	43
3.4.5. Sub System of Mathscript Design	45
3.5. Radar Target	45
3.6. Radar Antenna	46
3.7. Testing Scenario	49
3.7.1. Calibration System	50
3.7.2. Scheme and Configuration of System Testing	52
CHAPTER 4 DATA ANALYSIS AND DISCUSSION.....	55
4.1. Analysis of Radar Detection to Radial Velocity and Range (simulation)	55
4.1.1. Analysis of Radial Velocity Detection Result to Numbers of Subcarrier and OFDM Symbol	55
4.1.2. Analysis of Range Detection Result to Numbers of Subcarrier and OFDM Symbol.....	56
4.2. OFDM Radar Signal using USRP RIO	57
4.3. Analysis of Radial Velocity Detection Result	58
4.4. Analysis of Range Detection Result	62
4.5. Synthesis.....	66
CHAPTER 5 CLOSING	69
5.1. Conclusion.....	69
5.2. Suggestion	70
BIBLIOGRAPHY	71
ATTACHMENT A	73
ATTACHMENT B	75
ATTACHMENT C	79

ATTACHMENT D.....85

CURICULUM VITAE87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Efek Doppler dengan Memperhitungkan Jarak dan Laju Radial	1
Gambar 2.1 Skema Radar Doppler.	7
Gambar 2.2 Ilustrasi M-simbol OFDM dengan N-Subcarrier.....	10
Gambar 2.3 Ilustrasi Cyclic Prefix.....	12
Gambar 2.4 Diagram Konstealsi QPSK.....	13
Gambar 2.5 Blok Diagram Sistem OFDM.....	14
Gambar 2.6 Diagram Blok USRP RIO	20
Gambar 2.7 Perangkat USRP NI-2943R.....	20
Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem Radar Doppler OFDM	25
Gambar 3.2 Diagram blok desain parameter.....	26
Gambar 3.3 Hasil Deteksi Jarak Target dengan MATLAB	30
Gambar 3.4 Hasil Deteksi Laju radial Target dengan MATLAB	31
Gambar 3.5 Peridogram Deteksi LajuRadial dan Jarak Target.....	31
Gambar 3.6 Pembangkitan Bit dan Mapping QPSK	34
Gambar 3.7 Program Pemancar dengan Mathscript.....	35
Gambar 3.8 Program Penerima dengan Mathscript	35
Gambar 3.9 Pemodelan Laju radial Target	36
Gambar 3.10 Pemodelan Jarak Target	37
Gambar 3.11 Pembangkitan Bit PN Sequence	38
Gambar 3.12 Mapping Modulasi QPSK	38
Gambar 3.13 Data Serial ke Paralel	39
Gambar 3.14 IFFT LabVIEW	39
Gambar 3.15 Penambahan Cyclic Prefix	40
Gambar 3.16 Penghapusan Cyclic Prefix.....	41
Gambar 3.17 FFT LabVIEW	41
Gambar 3.18 Konfigurasi & Sinkronisasi Waktu Mulai Pemancar Aktif.....	42
Gambar 3.19 Sinkronisasi Waktu Mulai Penerima Aktif.....	43
Gambar 3.20 Pemrosesan Informasi Laju Radial per Simbol	44
Gambar 3.21 Pemrosesan Informasi Jarak per Simbol	44
Gambar 3.22 Pengolahan Informasi Berdasarkan Periodogram	44
Gambar 3.23 Target Radar dengan Aluminium Foil.....	46
Gambar 3.24 Antena Log Periodic.....	47
Gambar 3.25 Pola Radiasi Antena	47
Gambar 3.26 Frekuensi Tengah dan Nilai SWR Antena	48
Gambar 3.27 Nilai Bandwidth Antena	49

Gambar 3.28 Skema Konfigurasi Perangkat Keras	50
Gambar 3.29 Titik 0 Referensi Laju radial	51
Gambar 3.30 Titik 0 Refrensi Jarak	51
Gambar 3.31 Lokasi Pengujian.....	53
Gambar 4.1 Sinyal OFDM pada Domain Frekuensi.....	58
Gambar 4.2 Hasil Deteksi Laju radial target I	60
Gambar 4.3 Hasil Deteksi Laju radial Target II.....	60
Gambar 4.4 Hasil Deteksi Laju radial Target III	61
Gambar 4.5 Hasil Deteksi Jarak Target I.....	64
Gambar 4.6 Hasil Deteksi Jarak II.....	64
Gambar 4.7 Hasil Deteksi Jarak Target III	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Pemancar USRP NI-2943R	21
Tabel 2.2 Spesifikasi Penerima USRP NI-2943R	21
Tabel 2.3 Inisialisasi Daya USRP NI-2943R	22
Tabel 4.1 Hasil Resolusi dan Deteksi Laju radial (Simulasi).....	56
Tabel 4.2 Hasil Resolusi dan Deteksi Jarak (Simulasi).....	56
Tabel 4.3 Parameter Radar Doppler OFDM pada Deteksi Laju Radial	59
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Deteksi Laju Radial	62
Tabel 4.5 Parameter Radar Doppler OFDM pada Deteksi Laju Radial	63
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Deteksi Jarak.....	66

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 1

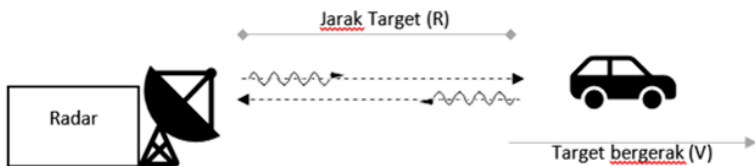
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan sistem radar saat ini memiliki berbagai fungsi dan berbagai bidang, seperti aplikasi pada teknologi untuk tata kota, militer, bahkan pada bidang medis yang dapat diaplikasikan pada teknologi untuk mendeteksi kanker payudara [1]. Konsep Radar merupakan sistem yang dapat digunakan mendeteksi suatu target untuk mendapatkan informasi berupa jarak, posisi dan laju radial, dimana target yang didapat dari objek yang dapat memancarkan atau memantulkan gelombang yang diterima oleh radar [2]. Radar umumnya diterapkan pada target yang jauh dan tidak mudah dijangkau. Gelombang sinyal pada radar aktif dapat dimodulasikan dengan berbagai jenis sesuai kebutuhan. Radar dengan sistem SISO (Single Input Single Output) hanya dapat mendeteksi jarak dan laju radial, dan belum dapat mendeteksi sudut dari suatu target, **Gambar 1.1.**

Untuk memenuhi kebutuhan radar yang lebih efisien digunakan teknik sinyal OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*), dimana sinyal OFDM juga mempunyai sensitifitas terhadap pergeseran frekuensi yang dapat dimanfaatkan pada sistem radar. Pada radar mempunyai sistem yang disebut *duplexer* yang digunakan pada radar aktif untuk memilah sinyal yang dipancarkan dan juga yang diterima agar tidak saling interferensi atau mengganggu. Konsep Doppler juga dapat diterapkan pada radar yaitu didapatkan efek pantulan (*Echo*) dari suatu target yang terdeteksi dan menyebabkan pergeseran frekuensi.

Penelitian ini menerapkan konsep efek Doppler pada radar yang digunakan untuk mendeteksi suatu target yang bergerak untuk mendapatkan informasi berupa jarak dan laju radial dengan pendekatan sinyal OFDM untuk mengoptimasi kanal untuk mengoptimasi penggunaan gelombang sinyal.



Gambar 1.1 Efek Doppler dengan Memperhitungkan Jarak dan Laju Radial

Penelitian yang dilakukan menjadi dasar perancangan sistem Radar Doppler dengan menggunakan pengolahan sinyal OFDM (*Othogonal Frequency Division Multiplexing*) dan dikembangkan sebagai deteksi suatu target yang bergerak dengan membutuhkan parameter-parameter tertentu untuk mendapatkan data dari posisi dan laju radial suatu target. Memanfaatkan SDR (*Software Define Radio*) perangkat keras seperti USRP (*Universal Software Radio Peripheral*) dan perangkat lunak seperti LabVIEW Communication. Dengan perangkat SDR yang digunakan, diharapkan dapat membentuk sistem yang lebih sederhana untuk dapat diterapkan pada perangkat yang lebih sederhana.

1.2. Permasalahan

Permasalahan yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana kinerja deteksi target menggunakan Radar Doppler dengan teknik sinyal OFDM yang diimplementasikan pada Perangkat SDR.
2. Bagaimana hasil deteksi jarak dan laju radial target.
3. Bagaimana tingkat akurasi dari hasil deteksi jarak dan laju radial target.

1.3. Batasan Masalah

Batasan permasalahan dari tugas akhir yang dilaksanakan ini adalah sebagai berikut:

1. Perancangan sistem radar yang bekerja pada frekuensi S-Band.
2. Pengembangan sistem ditinjau menggunakan *Universal Software Radio Peripheral* (USRP).

1.4. Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah menghasilkan sistem radar doppler OFDM yang diimplementasikan pada perangkat *Software Define Radio* (SDR) untuk mendapatkan data jarak dan laju radial hasil dari deteksi target yang bekerja pada frekuensi S-band yang ditinjau berdasarkan spesifikasi radar dan disesuaikan pada perangkat SDR yang digunakan dan juga dengan memperhatikan resolusi dari jarak dan laju radial dari target.

1.5. Metodologi

1. Studi literatur

Studi literatur dilakukan dengan mempelajari referensi baik berupa buku, jurnal, ataupun sumber penelitian lainnya berkaitan dengan topik penelitian. Studi literatur juga mempelajari perangkat lunak maupun alat bantu lain yang akan digunakan selama penelitian. Dimana materi-materi mengenai topik dari penelitian yang dipelajari antara lain:

- a. Sistem radar, terkait dengan pembahasan radar secara umum dan parameter yang digunakan.
- b. Teknik sinyal OFDM, mempelajari pengertian dan bagaimana pengolahan dari teknik sinyal OFDM, khususnya parameter dan cara pembangkitannya.
- c. Radar OFDM, mempelajari Teknik sinyal OFDM yang akan diimplementasikan untuk sistem radar pada penelitian yang telah dilakukan.
- d. LabVIEW Communication, mempelajari perangkat lunak untuk perancangan sistem radar yang selanjutnya dapat diimplementasikan pada perangkat SDR.
- e. USRP, mempelajari perangkat keras, khususnya pada konfigurasi dan implementasi untuk sistem radar.
- f. Matlab, mempelajari perangkat lunak, khususnya untuk pengolahan sinyal dan dikombinasikan pada perangkat lunak lain.

2. Perancangan dan Desain Sistem Radar Doppler OFDM

Perancangan desain sistem Radar Doppler OFDM pada perangkat lunak LabVIEW Communication yang mengacu pada desain radar OFDM untuk diimplementasikan pada perangkat SDR dengan memperhatikan parameter-parameter dari radar dan spesifikasi perangkat lunak dan perangkat keras yang digunakan pada penelitian. Dimulai dengan perancangan radar OFDM berdasarkan beberapa *Subcarrier* dan simbol yang digunakan untuk menghasilkan resolusi radar yang optimum pada perangkat yang digunakan. Kemampuan perangkat SDR yang dihubungkan penggunaan perangkat lunak yang sesuai dapat saling mendukung untuk mengoptimalkan kinerja dari sistem radar yang dirancang.

3. Simulasi Sistem Radar Doppler OFDM

Simulasi sistem radar dengan perangkat lunak mengacu parameter yang digunakan, serta pemodelan target mengacu pada rancangan dan desain sebagai pembandingan hasil dari pengujian sistem Radar Doppler OFDM pada perangkat berbasis SDR.

4. Implementasi Desain Sistem Radar Doppler OFDM pada perangkat berbasis SDR

Rancangan dan Desain yang telah dilakukan dan selanjutnya diimplementasi pada perangkat berbasis SDR menggunakan perangkat lunak LabVIEW Communication sebagai sebuah program yang dilanjutkan pada implementasi perangkat keras yaitu USRP NI-2943R atau USRP NI-2950 untuk pembangkitan dan penerimaan sinyal yang sesungguhnya.

5. Pengujian Sistem Radar Doppler OFDM dengan Perangkat Berbasis SDR

Pada Tahap pengujian dilakukan dengan menetapkan beberapa parameter sebagai acuan dari skenario sistem radar yang sebelumnya telah disesuaikan. Pengujian dilakukan dengan beberapa skenario yang ditujukan untuk mendapatkan data hasil rancangan dan desain sistem pada perangkat yang digunakan. Skenario yang dilakukan meliputi variasi jarak dan laju radial dari target, juga dengan memperhatikan parameter desain sistem radar doppler OFDM untuk mendapatkan hasil yang optimum.

6. Pengolahan Data hasil Pengujian

Pengolahan data hasil pengujian dilakukan berdasarkan data yang didapatkan, yang selanjutnya akan dibandingkan dan dianalisis.

7. Analisis Data

Pada tahap ini dilakukan analisis hasil data yang telah didapatkan dari hasil pengujian dan selanjutnya dibandingkan dengan hasil simulasi untuk dapat dianalisis untuk dilakukan penarikan kesimpulan dari penelitian yang dilakukan.

1.6. Sistematika Pembahasan

Pembahasan tugas akhir ini terbagi kedalam lima bab utama dengan rincian sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini meliputi latar belakang, permasalahan, batasan masalah, tujuan penelitian, metodologi penelitian, sistematika pembahasan, serta relevansinya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi tentang tinjauan pustaka yang membahas mengenai sistem radar, modulasi QPSK, teknik sinyal OFDM, radar OFDM, SDR, serta perangkat yang digunakan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan tentang beberapa tahapan yang perlu dilakukan sebagai langkah-langkah penelitian seperti membuat rancangan dan desain dari radar doppler OFDM dengan perangkat lunak dan realisasi hasil rancangan dan desain pada perangkat berbasis SDR.

BAB IV ANALISIS DATA HASIL PENGUJIAN

Pada bab ini berisi tentang data hasil pengujian yang telah didapatkan beserta hasil simulasi yang akan dibandingkan dan dianalisis terkait dengan hasil deteksi juga permasalahan yang terdapat pada saat pengujian dan simulasi.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisikan kesimpulan dan saran berdasarkan berbagai hasil data dan analisis yang telah lakukan dalam proses pengerjaan tugas akhir ini.

1.7. Relevansi

1. Menghasilkan sistem radar yang dapat diterapkan pada pendeteksian jarak dan laju radial dari target yang berdasarkan perangkat berbasis SDR khususnya USRP.
2. Sebagai referensi untuk pengembangan pada implementasi sistem radar OFDM yang diterapkan pada perangkat berbasis SDR selanjutnya.

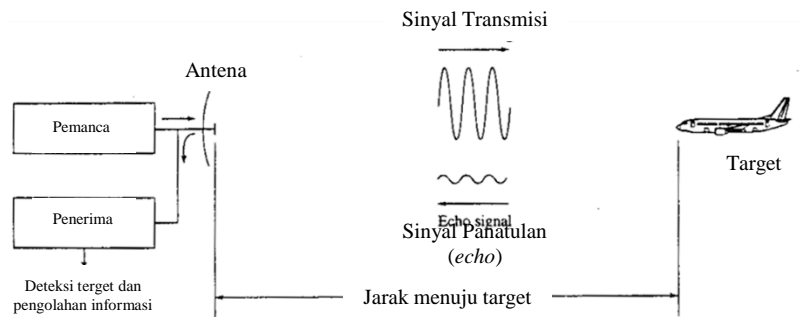
[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Radar [2]

Radar yang diambil dari bahasa inggris yaitu *Radio Detection and Ranging*. Radar Doppler sendiri merupakan gabungan dari sistem radar yang menggunakan efek doppler sebagai reaksi sinyal radiasi yang dipancarkan, ditujukan untuk menegetahui data tentang jarak dan laju suatu objek. Sinyal yang ditransmisikan merupakan *microwave* (gelombang mikro) yang berisi tentang informasi hasil deteksi target. Data yang diterima merupakan radiasi sinyal pantulan (*echo*) dari objek yang terdeteksi, digambarkan dengan pergeseran frekuensi setelah terpantul dari suatu objek yang menyebabkan pergeseran fasa sinyal tersebut dan didapatkan dari hasil perbandingan sinyal yang diterima dengan sinyal yang dipancarkan berupa data jarak, posisi, laju radial, dan karakteristik target lainnya. Prinsip kerja radar dapat ditunjukkan pada **Gambar 2.1.**



Gambar 2.1 Skema Radar Doppler [2]

2.1.1. Deteksi Target

Target yang terdeteksi dilakukan dengan memanfaatkan waktu yang dibutuhkan saat sinyal berpropagasi menuju target dan kembali di *reciver* atau penerima radar (T_R). Waktu yang diperlukan sinyal pada kasus ini untuk berpropagasi adalah $2R/c$, dimana R merupakan jarak dari sinyal untuk berpropagasi dan c adalah kecepatan cahaya yang

memiliki nilai 3×10^8 m/s, sehingga jarak target dapat dirumuskan dengan persamaan 2.1

$$R = \frac{cT_R}{2} \quad (2.1)$$

adapun untuk menentukan jarak yang ditempuh oleh radar sebelum sinyal selanjutnya dapat ditransmisikan kembali yang disebut *Maximum Unambiguous Range* yang dijelaskan dalam persamaan (2.2)

$$R_{unamb} = \frac{cT_p}{2} \quad (2.2)$$

Dimana T_p merupakan periode waktu suatu sinyal yang dipancarkan untuk mengetahui sinyal yang diterima tanpa terjadi ambiguitas antar sinyal yang diterima oleh radar. Selain itu ada pula penentuan laju radial target yang dapat dijelaskan dengan menggunakan persamaan (2.3).

$$V = \frac{c f_D}{2 f} \quad (2.3)$$

Dimana f_D merupakan frekuensi doppler yang terjadi akibat pergerakan dari objek atau target radar yang memantulkan sinyal (echo) dan menyebabkan pergeseran frekuensi dalam satuan *Hertz*. Dan f sendiri merupakan frekuensi kerja yang dipancarkan yang juga dalam satuan *Hertz*.

Sama halnya dengan penentuan jarak, Untuk menentukan suatu laju radial yang dapat terdeteksi dapat dijelaskan dengan persamaan

$$V_{unamb} = \frac{c}{2 f T} \quad (2.4)$$

Dimana T merupakan periode sinyal kedalam satuan detik (s). Pada sistem radar umumnya disebut sebagai *first blind speed* radar, merupakan dimana terjadi keambiguan terhadap frekuensi doppler yang menyebabkan tidak dapat terukurnya informasi doppler yang terjadi yang dikarenakan nilai *magnitude* dari laju radial yang terlalu rendah. Dijelaskan dengan persamaan (2.4), dimana T adalah periode sinyal yang

sebanding dengan satu per frekuensi perulangan pulsa sinyal radar, dimana saat nilai frekuensinya terlalu rendah dapat menyebabkan ambiguitas jarak radar.

2.1.2. Radar Cross Section

Berbagai objek yang digunakan sebagai dapat terdeteksi oleh sistem radar. Target yang terdefinikan sebagai target radar memiliki nilai persebaran daya pada arah spasial tertentu ketika sinyal yang dipancarkan oleh radar yang disebut juga sebagai *radar cross section (RCS)*. Perhitungan RCS dapat mempengaruhi daya yang dapat tertangkap oleh radar. RCS sendiri merupakan hasil normalisasi terhadap kerapatan daya dari gelombang yang terpantul pada suatu objek target. Persamaan mengenai nilai dari RCS dijelaskan dengan

$$\sigma = \frac{4\pi(s^2)^2}{\lambda^2} \quad (2.5)$$

nilai RCS persamaan (2.7) perhitungan yang dilakukan berdasarkan luas dari target terhadap panjang gelombang dari sinyal yang dibangkitkan.

2.2. Teknik Sinyal OFDM [3]

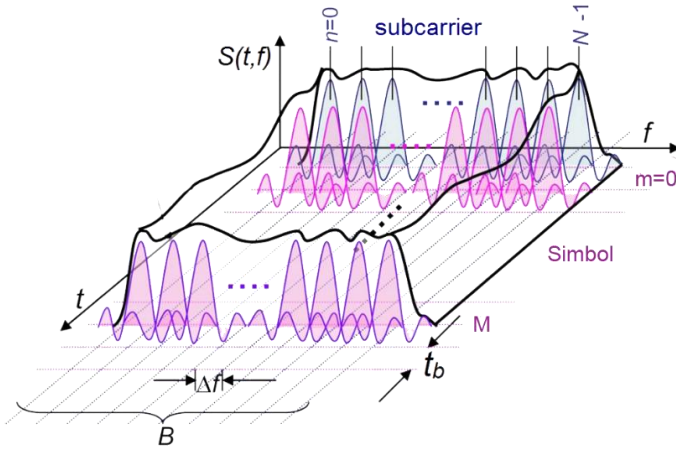
Teknik sinyal OFDM merupakan teknik pengiriman sinyal yang dibagi kedalam beberapa simbol dari satu *bandwidth* pada beberapa *Subcarrier* yang *orthogonal* (saling tegak lurus) secara bersamaan tanpa terjadi interferensi walaupun frekuensi dari *Subcarrier* saling *overlapping*. Dalam satu bandwidth sinyal OFDM yang dipancarkan dapat ditentukan berdasarkan jumlah *Subcarrier* dan jarak atau spasi antar *Subcarrier*. Lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 2.2** [4] yang merupakan ilustrasi sonyal OFDM dan menggambarkan *Subcarrier* yang saling ortogonal. Sinyal yang dipancarkan dijelaskna dengan persamaan

$$x(t) = A \sum_{m=0}^{M_{sym}-1} \sum_{n=0}^{N-1} d_{TX}(mN_c + n) e^{-j2\pi f_n t} \text{rect}\left(\frac{t - mT_0}{T_0}\right) \quad (2.6)$$

dimana,

$$d_{RX} = d(m, n) e^{-j2\pi k \Delta f \frac{2R}{c_0}} e^{-j2\pi f_n t \theta_{ch}} \quad (2.7)$$

M_{sym} merupakan jumlah simbol OFDM yang dibangkitkan dengan m indeks pada setiap simbol yang bangkitkan, N_c adalah jumlah dari Subcarrier yang dibangkitkan dengan n index pada tiap subcarrier. d_{TX} merupakan deretan simbol kompleks yang telah dimodulasikan sebelumnya seperti modulasi mapping yang digunakan. f_n merupakan frekuensi pada tiap subcarrier yang dibangkitkan, T_0 adalah periode dari simbol OFDM.



Gambar 2.2 Ilustrasi M-simbol OFDM dengan N-Subcarrier [4]

Pada sisi penerima sinyal OFDM yang telah mengalami beberapa kondisi dan telah memiliki informasi dari parameter yang diinginkan seperti jarak dan laju radial dijelaskan dengan persamaan

$$y(t) = \sum_{m=0}^{M_{sym}-1} \sum_{n=0}^{N-1} d_{RX}(m, n) e^{-j2\pi f_n t} \theta_{ch} \quad (2.8)$$

2.2.1. FFT/IFFT

Salah satu hal yang paling penting dalam teknik OFDM dimana suatu cara membentuk simbol OFDM dan mengalokasikan frekuensi agar

saling tegak lurus atau saling *orthogonal* agar tidak terjadi interferensi antar sinyal yang berurutan. Proses IFFT ini yang membuat beberapa *Subcarrier* saling tegak lurus. Proses IFFT dapat dijelaskan dengan persamaan

$$X(k) \sum_{i=0}^{N-1} x(i) \exp\left(\frac{j2\pi ik}{N}\right) \quad (2.9)$$

dimana:

$k = 0, 1, \dots, N-1$

$x(i) = \text{Subcarrier ke-}i$

$N = \text{jumlah titik IFFT}$

Pada operasi IFFT dan FFT yang digunakan pada teknik OFDM merupakan konsep penting yang dengan mengubah suatu fungsi dalam domain waktu kedalam domain frekuensi ataupun sebaliknya, hal ini perlu dilakukan demi pengalokasian *Subcarrier* yang dibangkitkan dalam system OFDM. Secara spesifik operasi IFFT mengubah fungsi dalam domain frekuensi menjadi domain waktu dan operasi FFT metode yang mengubah fungsi dalam domain waktu kedalam domain frekuensi. Metode operasi FFT secara umum dijelaskan dpada paersamaan

$$x(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} X(f) e^{j2\pi f t} df \quad (2.10)$$

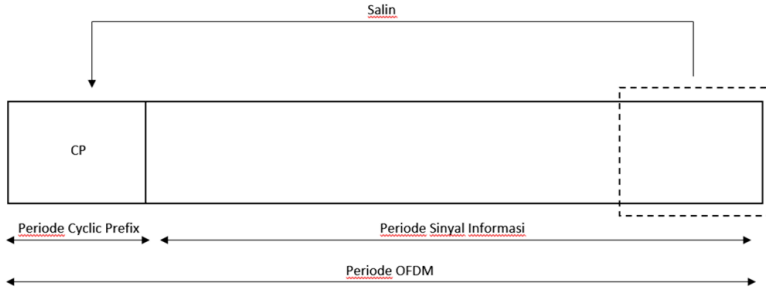
$$x(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} X(t) e^{-j2\pi f t} dt \quad (2.11)$$

Pada fungsi dalam domain waktu dengan menggunakan transformasi *fourier* pada operasi FFT dengan sinyal $x(t)$ merupakan *superposisi linear* fungsi sinus dan cosinus yang dijelaskan dengan $e^{j2\pi f t}$ dan pada penggunaan fungsi sinyal dalam domain waktu $x(f)$ merupakan fungsi kompleks sinusoidal [3].

2.2.2. Cyclic Prefix

Dalam rangka menjaga keortogonalitasan *subcarrier* OFDM yang telah dibentuk melalui proses IFFT diperlukan suatu cara agar agar tidak merusak keortogonoalitasan *Subcarrier* yang telah dibentuk pada

saat sinyal yang ditransmisikan melalui suatu kanal. Caranya dengan menyalin ulang sebagian susunan bit-bit ke awal simbol yang disebut *Cyclic Prefix (CP)*. Pada kasus ini besarnya CP ditentukan berdasarkan perhitungan *delay spread* pada kanal agar sinyal OFDM tidak mengalami *Inter Symbol Interference (ISI)*.



Gambar 2.3 Ilustrasi Cyclic Prefix

2.3. Modulasi QPSK [5]

Sistem modulasi digital dengan modulasi QPSK merupakan salah satu teknik modulasi yang digunakan untuk mengirimkan 1 dari 4 sinyal dalam suatu interval waktu tertentu dengan mendefinisikan tiap sinyal menjadi kode yang berupa pasangan bit. Sinyal QPSK yang termodulasi didefinisikan dalam persamaan :

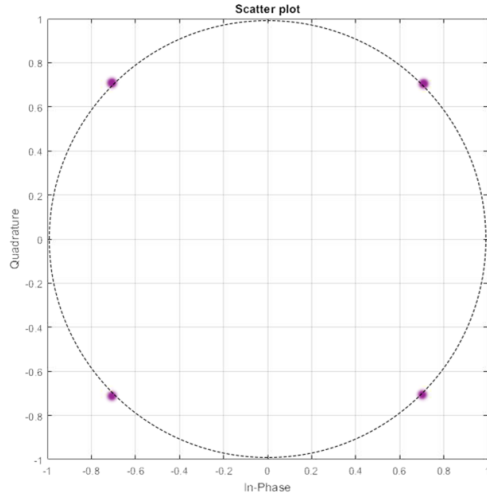
$$s(t) = \sqrt{\frac{2}{T}} r \cos(2f_c t - \theta) \quad (2.12)$$

Dimana :

$$r = \sqrt{a_1^2 + a_2^2} \quad (2.13)$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{a_1}{a_2} \right) \quad (2.14)$$

Sinyal termodulasi QPSK memiliki jumlah fasa yang terbatas dan untuk mengembalikan sinyal termodulasi QPSK dibutuhkan jenis demodulator yang sesuai dengan yang digunakan pada modulator untuk merepresentasikan set simbol kembali kedalam bentuk urutan bit yang sesuai.



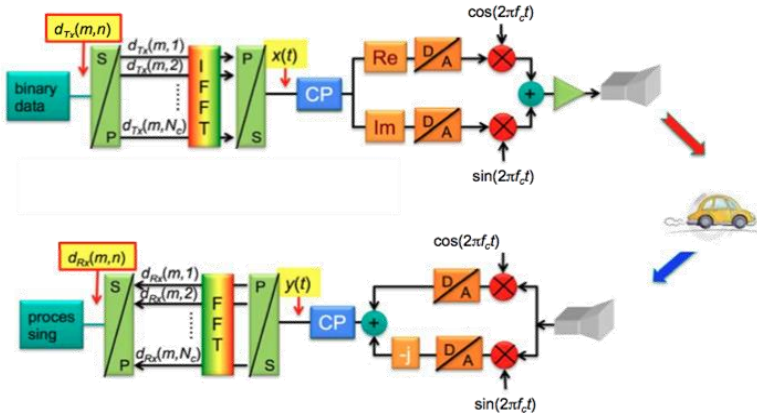
Gambar 2.4 Diagram Konstealsi QPSK

Pada diagram konstelasi QPSK **Gambar 2.2**, pasangan bit yang dibangkitkan memiliki perbedaan fasa yang diperlukan dengan 4 titik simbol. Penentuan perbedaan sudut fasa dapat dijabarkan dengan persamaan (2.12) dengan dibedakan pada beberapa simbol yang memiliki θ yang berbeda, seperti pada persamaan

$$\theta = \begin{cases} \frac{\pi}{4}, & \text{untuk simbol 00} \\ \frac{3\pi}{4}, & \text{untuk simbol 01} \\ \frac{-3\pi}{4}, & \text{untuk simbol 11} \\ \frac{-\pi}{4}, & \text{untuk simbol 10} \end{cases} \quad (2.15)$$

Setiap titik simbol perlu ditentukan untuk membentuk fungsi *inphase* dan *quadrature* pada sinyal yang dibangkitkan. Pasangan bit 00, 01, 11, 10 yang terbentuk menjadi sebuah simbol dan membentuk diagram konstelasi seperti pada **Gambar 2.4**.

2.4. Radar OFDM [1]



Gambar 2.5 Blok Diagram Sistem OFDM [1]

Sistem OFDM secara umum dijelaskan melalui blok diagram pada **Gambar 2.5** secara umum prinsip kerja dari OFDM dapat dijelaskan. Pada awalnya sinyal informasi yang akan dikirim merupakan sinyal yang berbentuk data serial, pada sistem OFDM sinyal tersebut diubah kedalam bentuk paralel yang kemudian akan dimodulasikan. Selanjutnya sinyal yang telah dimodulasi masuk kedalam *Inverse Fast Fourier Transform* (IFFT) yang bertujuan agar sinyal saling ortogonal dan juga membentuk simbol OFDM. Selanjutnya ditambahkan *cycle prefix* yang berfungsi untuk pemisah antara sinyal frekuensi pembawa yang dapat saling bertindihan, *cycle prefix* ini juga dimaksudkan untuk mengurangi *Intersymbol Interference* (ISI) dan *Intercarrier Interference* (ICI). Lalu sinyal dikirim dalam bentuk serial setelah diubah lagi dari bentuk paralel. Pada sinyal yang ditransmisikan, sinyal akan saling *overlapping* untuk menghemat *bandwidth* yang digunakan. Pada kasus OFDM hal ini tidak menimbulkan interferensi antar kanal.

Pada sisi penerima sinyal diubah kembali dalam bentuk paralel dan dilakukan pelepasan *cyclic prefix* untuk mendapatkan kembali simbol asli. Selanjutnya dilakukan operasi Fast Fourier Transform (FFT) untuk memisahkan sinyal carrier dan simbol OFDM. Selanjutnya sinyal tersebut didemodulasikan dan diubah kembali dalam bentuk data serial seperti sinyal informasi awal untuk dapat diolah sebagai data hasil deteksi dari radar.

Dalam aplikasi radar dengan menggunakan teknik sinyal OFDM mempunyai beberapa alasan yaitu:

1. Pembangkitan sinyal yang cukup sederhana.
2. Pemrosesan sinyal yang sederhana.
3. Mudah dalam mengkompresi sinyal.
4. Memungkinkan untuk mengirimkan informasi yang cukup banyak.
5. Dapat direalisasikan pada perangkat yang sederhana.

karena pada dasarnya sinyal OFDM sendiri mempunyai permasalahan yaitu merupakan sinyal yang sensitif terhadap pergeseran frekuensi Doppler yang selama ini dianggap sebagai kekurangan dalam sistem telekomunikasi. Disamping itu, OFDM pada penggunaan sistem radar dapat menjadi keunggulan pada hal mendapatkan informasi tentang laju radial target/objek yang diinginkan. Pada penggunaan radar OFDM pergeseran frekuensi Doppler [4]. Radar OFDM mempunyai beberapa parameter pada sistemnya seperti:

1. Frekuensi Doppler dan spasi frekuensi antar *subcarrier*.
2. Jarak maksimal dan resolusi jarak.
3. Laju radial maksimal dan resolusi laju radial.

2.4.2. Frekuensi Doppler dan Spasi Frekuensi Antar *Subcarrier*

Pergeseran frekuensi doppler merupakan salah satu aspek penting dalam mendapatkan informasi laju radial dari suatu target yang dijelaskan dalam persamaan

$$f_D = \frac{2 v}{\lambda} \quad (2.16)$$

Dimana v merupakan laju radial relatif dari target yang terdeteksi (m/s) dan λ merupakan panjang gelombang dari sinyal pembawa yang dibangkitkan (m). nilai maksimum dari laju radial maksimum target yang dapat terdeteksi dipertimbangkan berdasarkan rancangan yang diinginkan dari sistem radar OFDM.

Spasi frekuensi antar *subcarrier* (Δf) sendiri perlu ditentukan dalam menjaga keortogonalitas dari *subcarrier*, serta berkaitan dengan jarak maksimal deteksi target, dan ditentukannya besaran nilai dari Δf harus sepuluh kali lebih besar dari frekuensi doppler maksimum [6].

2.4.3. Jarak Maksimal dan Resolusi Jarak

Maksimal jarak yang dapat dideteksi oleh radar atau *unambiguius range* (m) ditetapkan dengan persamaan

$$R_{max} = \frac{c}{2\Delta f} \quad (2.17)$$

dan resolusi jarak (m) dijelaskan dengan persamaan

$$\Delta R = \frac{c}{2N_c\Delta f} \quad (2.18)$$

Dimana N_c merupakan jumlah dari *subcarrier* yang dibangkitkan dan Δf adalah spasi antar *subcarrier*.

2.4.4. Laju radial Maksimal dan Resolusi Laju radial

Laju radial maksimum dari terget yang terdeteksi bergantung kepada spasi antar *subcarrier* (Δf) dan juga panjang gelombang dari frekuensi sinyal pembawa yang digunakan, dijelaskan dalam persamaan

$$V_{max} = \frac{\Delta f \lambda}{2} \quad (2.19)$$

Sementara resolusi kelajuam suatu target yang dapat terdeteksi radar OFDM dijelaskan dengan persamaan

$$\Delta V = \frac{\lambda}{2 T_{OFDM} \Delta f} \quad (2.20)$$

dalam resolusi laju radial diperhitungkan periode simbol dari sinyal OFDM (T_{OFDM}) yang dibangkitkan, dimana T_{OFDM} merupakan hasil penjumlahan dari periode OFDM ditambah periode CP yang telah ditentukan sebelumnya.

2.5. Metode Pemrosesan Radar

Pada proses yang paling penting untuk mendapatkan informasi jarak dan laju radial dari sistem radar OFDM yang dengan memperhitungkan jumlah *Subcarrier* dan simbol yang dibangkitkan oleh radar, dengan mengkalkulasikan adanya delay yang diakibatkan jarak

tempuh dari sinyal *echo* dan juga frekuensi doppler yang terjadi akibat pergerakan dari target yang terdeteksi.

2.5.1. Metode Pemrosesan Berdasarkan Simbol dan Periodogram [6]

Proses pengolahan data yang diterima oleh radar pada umumnya menggunakan korelasi silang yang dilakukan untuk mendapatkan informasi tentang jarak dan laju radial tetapi pada tugas akhir ini tidak digunakan karena membutuhkan durasi simbol yang cukup panjang atau perlunya terjadi koherensi waktu, *sidelobe* yang tidak diperhitungkan harus diperkirakan, dan juga membutuhkan komputasi dengan usaha yang lebih besar.

Adapula metode yang dilakukan untuk melakukan proses pengolahan berdasarkan simbol yang pertama dengan cara membandingkan nilai hasil FFT di penerima dan nilai sebelum IFFT pada pemancar pada tiap simbol elemennya yang terdapat informasi tentang laju radial dan jarak target terhadap radar. Seperti pada persamaan

$$I_{div} = e^{-j2\pi\Delta f \frac{2R}{c}}, 0 \leq n \leq N_c - 1 \quad (2.21)$$

Selanjutnya dilakukan proses FFT per simbol yang dibangkitkan untuk mendapatkan informasi tentang laju radial dari target seperti pada persamaan (2.22). proses IFFT kemudian dilakukan untuk mendapatkan informasi tentang jarak dari target pada persamaan (2.23) yang kemudian dilakukan proses pengkuadratan untuk menghilangkan nilai negatif dari data yang telah diterima.

$$r(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N_c-1} I_{div}(n) e^{j2\pi \frac{n}{N} k}, k = 0, \dots, N_c - 1 \quad (2.22)$$

$$v(l) = \sum_{m=0}^{N_{sym}-1} d_{div}(m) e^{-j \frac{2\pi}{N_{sym}} ml}, l = 0 \leq n \leq N_{sym} - 1 \quad (2.23)$$

Dimana proses pengolahan laju radial dan jarak berdasarkan simbol yang dibangkitkan pada sistem radar doppler OFDM.

2.6. Link Budget Radar

Proses propagasi yang sistem radar melalui media udara yang diradiasikan melalui antena dengan memperhitungkan berbagai aspek

yang berkaitan dengan propagasi sinyal radar. Daya yang diterima pada pemancar perlu disesuaikan agar sinyal yang diapancarkan dapat diterima sesuai yang diperhitungkan. Persamaan (3.24) menjelaskan besaran daya yang diterima radar setelah sinyal kembali.

$$P_r = \frac{P_t G_{tx} G_t G_{rx} G_r \sigma A_e}{(4\pi)^3 R^4 L_s} \quad (2.24)$$

dimana

- P_t = daya pancar (dB)
- G_{tx} = gain pemancar (dB)
- G_t = gain antena pemancar (dBi)
- G_{rx} = gain penerima (dB)
- G_r = gain antena penerima (dBi)
- σ = RCS dari target yang ditentukan (m^2)
- L_s = redaman total (dB)

$$\sigma = \frac{4\pi(s^2)^2}{\lambda^2} \quad (2.25)$$

Nilai RCS persamaan (3.4) perhitungan yang dilakukan berdasarkan luas dari target terhadap panjang gelombang dari sinyal yang dibangkitkan.

2.7. SDR [7]

Software Define Radio (SDR) merupakan perangkat dasar yang dapat digunakan untuk mengimplementasikan sistem gelombang radio secara riil pada perangkat keras dan dapat diprogram (*programmable*) sesuai sistem yang diinginkan dan memberikan fleksibilitas penggunaan. Salah satu perangkat lunak SDR yang dapat digunakan secara bebas seperti GNU Radio yang dihubungkan dengan perangkat USRP (*Universal Software Radio Peripheral*). Ada juga perangkat lunak yang dapat digunakan untuk menunjang perangkat USRP seperti LabVIEW Communication yang diproduksi oleh perusahaan *National Instrument* yang digunakan pada tugas akhir ini. Pada SDR fungsi radio untuk proses modulasi dan demodulasi sinyal pada pemancar dan penerima digunakan *Digital Signal Processing* (DSP), *Processor and Programmable Gate Array* (FPGA) yang merupakan suatu perangkat lunak yang terdapat pada

perangkat keras untuk mengimplementasikan program pada perangkat keras.

2.8. USRP RIO

Universal Software radio Peripheral RIO merupakan *platform* perangkat SDR yang menggunakan kombinasi 2 *full-Duplex* dengan kanal pemancar dan penerima dengan besaran bandwidth dari tiap kanal *real time bandwidth*. Perangkat yang dikembangkan Ettus Research LLC dan perusahaan National Instrument ini mempunyai 4 *port* yang dimana 2 *transmitter* dengan 2 kanal dan 2 atau 4 sebagai *receiver* yang dapat digunakan. Keunggulan USRP RIO dibandingkan USRP standar lainnya yaitu mempunyai *rate streaming data* yang cukup tinggi dan nilai latensi sistem yang rendah.

Kinerja sistem USRP RIO dapat digunakan pada implementasi sistem radar dengan memberikan input sistem program radar melalui perangkat lunak berbasis SDR melalui *host desktop* dengan menggunakan media *port* yang mempunyai laju data dan *bandwidth* cukup tinggi ke perangkat USRP RIO. Lebih lanjut digambarkan dengan blok diagram sistem USRP RIO secara umum.

2.8.1. USRP NI-2943R [8]

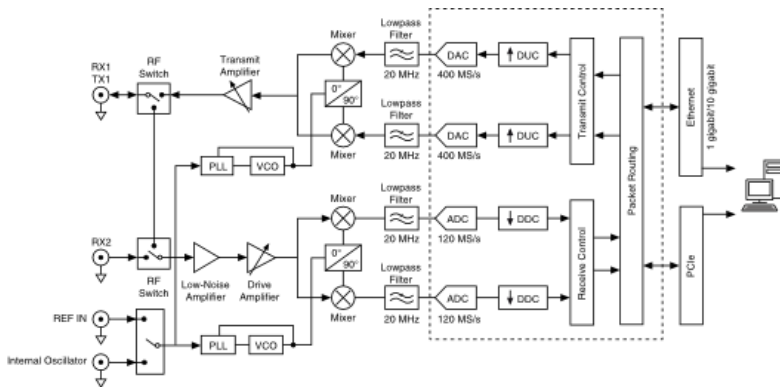
Implementasi program diterjemahkan menggunakan bantuan FPGA, FPGA yang digunakan default FPGA *image* dan untuk penggunaan perangkat lunak LabVIEW Communication, pemrosesan dapat diatur dan dikendalikan melalui FPGA.

Pada jalur pemancar dan penerima memiliki sistem yang serupa juga mempunyai fungsi yang berkebalikan sebagai fungsi 2 arah untuk pemancaran dan penerimaan sinyal, dijelaskan pada beberapa tahapan

- diawali dengan *host desktop* mensitesis *baseband* sinyal I/Q yang ditransmisikan melalui media transmisi sesuai kebutuhan, dalam tugas akhir ini digunakan kabel PCIe yang dihubungkan dengan menggunakan express card MXIe x4 to 1.
- Dilanjutkan dengan digital *upconverter* mixer, filter dan menginterpolasikan sinyal dengan laju 400MS/s.
- Dilanjutkan dengan pengubahan sinyal kedalam bentuk analog (DAC).

- Pada **Gambar 2.6** diagram, penggunaan lowpass filter untuk menyaring noise dan komponen dengan frekuensi tinggi pada sinyal.
- Pada blok PLL dilakukan pengendalian VCO yang pada *clocks* dan LO pada perangkat dapat digunakan untuk mengunci frekuensi sebagai sinyal referensi.
- Amplifier pada pemancar yang pada akhirnya digunakan sebagai penguat sinyal yang akan dikirim melalui antenna.

Aliran sinyal yang akan diterjemahkan kembali mempunyai pola yang serupa pada gambar blok sistem USRP NI-2943R.



Gambar 2.6 Diagram Blok USRP RIO [8]



Gambar 2.7 Perangkat USRP NI-2943R

Sistem perangkat USRP NI-2943R mempunyai spesifikasi khusus pada pemancar dan penerima yang ditampilkan dalam **Tabel 2.1** dan **Tabel 2.2**.

Tabel 2.1 Spesifikasi Pemancar USRP NI-2943R

Jumlah channel	2
Frequency range 1.2 GHz to 6 GHz	1.2 GHz to 6 GHz
Frequency step	<1 kHz
Maximum output power (P_{out})	
1.2 GHz to 3.5 GHz	50 mW to 100 mW (17 dBm to 20 dBm)
3.5 GHz to 6 GHz	5 mW to 32 mW (7 dBm to 15 dBm)
Gain range	0 dB to 31.5 dB
Gain step	0.5 dB
Akurasi frekuensi 2.5 ppm	2.5 ppm
Maximum instantaneous real-time bandwidth	120 MHz
Maximum I/Q sample rate 200 MS/s	200 MS/s
Digital-to-analog converter (DAC)	
Resolusi	16 bit
Spurious-free dynamic range (sFDR)	80 dB

Tabel 2.2 Spesifikasi Penerima USRP NI-2943R

Jumlah Kanal	2
Frequency range	1.2 GHz to 6 GHz
Frequency step	<1 kHz
Gain range	0 dB to 37.5 dB
Gain step	0.5 dB
Maximum input power (P_{in})	-15 dBm

2.8.2. Bandwidth USRP RIO

Bandwidth yang dapat digunakan pada sinyal yang dibangkitkan sangat dipengaruhi oleh spesifikasi *bandwidth* maksimum yang dapat dibangkitkan. Pada perangkat USRP NI-2943R mempunyai *bandwidth* maksimal mencapai 120 MHz. besar *bandwidth* yang tercantum dalam spesifikasi yang dibagi kedalam 2 kanal yang dapat digunakan.

2.8.3. Daya Pancar USRP RIO

Daya yang keluar dari *port* pemancar dapat diatur dengan menggunakan pengaturan pada LabVIEW Commnication dengan keluaran

daya maksimum +20 dBm. Besaran daya pancar pada USRP mempunyai nilai relatif terhadap nilai *local oscillator* yang digunakan dalam satuan *Hertz*.

Tabel daya pancar dari USRP NI-2943R didapatkan dengan melakukan pengujian daya yang diterima secara langsung dengan menggunakan perangkat *spectrum analyzer* sehingga didapatkan data tentang daya pancar perangkat. Daya keluaran dari perangkat USRP RIO mempunyai nilai yang relatif terhadap frekuensi kerja seperti yang telah ditampilkan pada **Tabel 2.3**

Tabel 2.3 Inisialisasi Daya USRP NI-2943R

Pengaturan Daya Labview (dB)	Daya Aktual (dBm)
0	-30
5	-25.03
10	-21.39
15	-14.19
20	-10.10
25	-6.13
30	-1.04
35	0.79
40	2.54

Berdasarkan data daya pancar lebih lanjut dijadikan acuan untuk dapat menentukan seberapa besar *gain* yang dibutuhkan pada sistem perancangan, juga dapat diperhitungkan seberapa besarnya keluaran daya yang dibutuhkan agar sinyal OFDM dapat diterima dengan baik pada perangkat penerima.

BAB 3

SKEMA PENGUJIAN SEBAGAI VALIDASI HASIL DESAIN RADAR DOPLER OFDM

3.1. Pemodelan Sistem

Pemodelan sistem yang dibahas pada bab ini yang selanjutnya akan digunakan dalam perancangan sistem yang digunakan dalam proses implementasi dan simulasi radar doppler OFDM untuk mendeteksi target. Pemodelan sistem simulasi dan implementasi memiliki kesamaan sistem utama dengan beberapa program dari perangkat lunak LabVIEW Communication dan MATLAB. Pemodelan sistem diterangkan lebih lanjut dengan rincian dibawah

1. Proses awal dimulai dengan pembangkitan informasi berupa bit integer *Pseudonumeric* pada program.
2. Sejumlah bit yang dibangkitkan selajutnya dimodulasikan kedalam beberapa simbol dengan menggunakan modulasi QPSK.
3. Dilanjutkan dengan mengubah bentuk data dari serial menjadi paralel diperlukan untuk tahap selanjutnya.
4. Proses selanjutnya menggunakan algoritma IFFT guna membentuk *subcarrier* saling tegak lurus yang merupakan salah satu proses terpenting dari teknik sinyal OFDM.
5. Dilanjutkan dengan menambahkan *cyclic prefix* untuk mencegah terjadinya ISI.
6. Mengubah kembali dari bentuk serial ke paralel sebelum ditransmisikan pada simulasi.
7. Pada proses transmisi dikanal, dilakukan proses pemodelan target untuk mendapatkan jarak dan laju radial pada simulasi yang disesuaikan pada saat implementasi dilakukan.
8. Pemodelan jarak target dimodelkan dengan cara menyisipkan nilai 0 atau dengan menggunakan *zero pad* yang sebanding dengan nilai *delay* dari pantulan sinyal terhadap target (*echo*).
9. Pemodelan laju radial target dengan menambahkan nilai frekuensi *offset* pada kanal yang sebanding dengan nilai frekuensi doppler dan mempunyai nilai laju radial relatif terhadap panjang gelombang sinyal.

10. Setelah didapatkan data dari target, sinyal ditangkap pada sisi penerima dalam bentuk serial lalu diubah menjadi paralel untuk selanjutnya diolah.
11. Dilakukan proses penghapusan CP, yang selanjutnya dapat dilakukan proses operasi FFT.
12. Untuk mendapatkan informasi tentang jarak dan laju radial dilakukan perbandingan antara penerima dan pemancar.

Pemodelan sistem digambarkan dengan diagram pada **Gambar 3.1**.

Pemrosesan data informasi tentang jarak dan laju radial target dilakukan dengan membandingkan data dari penerima terhadap pemancar dengan kedalam bentuk plot jarak, laju radial target dan juga periodogram.

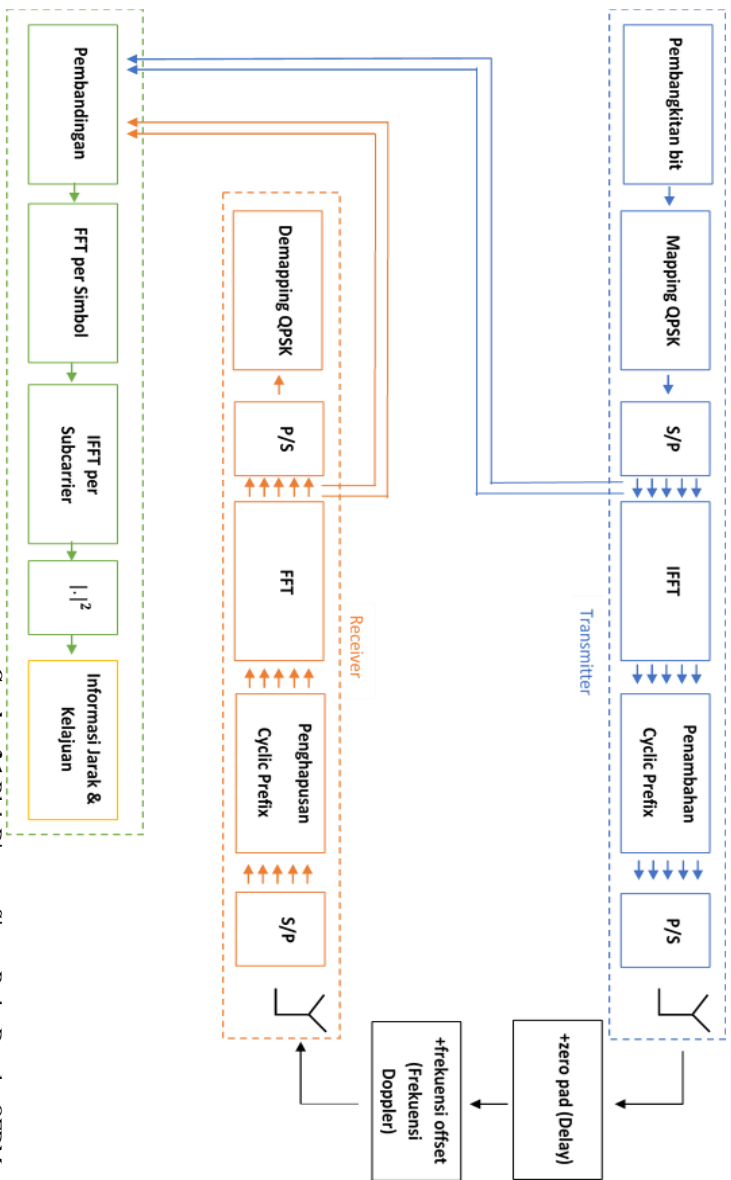
1. Perbandingan data tiap elemen dalam bentuk data *array* pada penerima setelah dilakukannya proses penghapusan CP dan FFT terhadap data modulasi QPSK atau hasil *mapping* yang telah membentuk simbol sebelum dilakukan proses IFFT.
2. Hasil proses di penerima, selanjutnya dilakukan proses FFT untuk tiap simbol sebanyak *subcarrier* yang digunakan untuk mendapatkan informasi laju radial.
3. Selanjutnya dilakukan proses IFFT untuk tiap *subcarrier* sebanyak simbol yang digunakan untuk mendapatkan informasi tentang jarak target. Setelah itu hasil dari proses IFFT dikuadratkan untuk mendapatkan hasil dalam bentuk periodogram.

Parameter perancangan sistem didasarkan pada spesifikasi radar yang diinginkan sesuai pada batasan penggunaan perangkat keras maupun perangkat lunak pada tugas akhir ini. Pertimbangan penentuan parameter tahap awal yang perlu diperhatikan dengan mengasumsikan laju radial relatif maksimum untuk diketahui frekuensi doppler yang akan didapatkan dengan persamaan (3.1).

$$f_D = 2v_{rel}/\lambda \quad (3.1)$$

dengan hasil frekuensi doppler maksimum didapatkan pada frekuensi 2.1 GHz diperlukan syarat untuk menjaga keortogonalitas dari *subcarrier* ditentukan mengikuti ketentuan persamaan (3.2) yang harus terpenuhi.

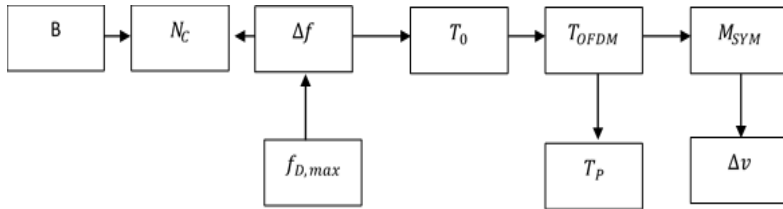
$$\Delta f > 10f_{Dmax} \quad (3.2)$$



Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem Radar Doppler OFDM

Ketentuan *delay* maksimum untuk mendapatkan informasi tentang jarak harus mempertimbangkan *coupling* sinyal langsung dari pemancar dan penerima. *Delay* maksimum sebanding dengan 2 kali jarak dari objek terhadap target. Teknik OFDM yang digunakan pada radar ditetapkan panjang periode *cyclic prefix* harus memenuhi seperdelapan dari periode sinyal OFDM. Durasi simbol OFDM harus digunakan sepanjang mungkin untuk mendapatkan nilai SNR yang optimal.

Perancangan desain parameter diperhitungkan dengan bantuan diagram alir dibawah



Gambar 3.2 Diagram blok desain parameter

Perancangan desain parameter dimulai dengan menentukan spasi antar *subcarrier* sehingga didapatkan resolusi laju radial dan periode dari sinyal OFDM yang dibangkitkan untuk menentukan informasi laju radial dan jarak yang dapat terdeteksi.

Sistematika tahapan desain parameter

1. Penggunaan frekuensi *carrier* (f_c) 2.1 GHz dengan panjang gelombang sebesar 0.143 m, penentuan frekuensi didasarkan pada spesifikasi perangkat keras yang digunakan seperti lebar frekuensi kerja dari USRP RIO dan frekuensi antenna yang digunakan.
2. Laju radial relatif dari target sebesar 27.78 m/s (100 km/h), dari pembahasan sebelumnya pada frekuensi 2.1GHz didapatkan nilai frekuensi doppler ($f_{D,max}$) sebesar 3.88 kHz
3. Pemilihan spasi antar *subcarrier* sebesar $\Delta f = 3.9063 \times 10^4 \text{ Hz}$, dari syarat $\Delta f > 10f_D$ [6] telah terpenuhi.
4. *Bandwidth* diperhatikan untuk mendapatkan nilai resolusi dari jarak, disamping itu perlu diperhatikan *bandwidth* yang dapat digunakan oleh perangkat USRP RIO sebesar dengan mempertimbangkan *full-duplex* dari media transmisi juga berdasarkan teori nyquist $B = 40\text{MHz}$.
5. Jumlah *subcarrier* (N_c) yang dibangkitkan berdasarkan perbandingan antara bandwidth sinyal dengan spasi antar *Subcarrier*, dari hasil

perbandingan jumlah *subcarrier* yang diinginkan dapat disesuaikan dengan jarak maksimum yang dapat terdeteksi. Jumlah *subcarrier* yang dibangkitkan haruslah sebanding dengan dua pangkat, sehingga didapatkan jumlah *Subcarrier* sebesar 1024.

6. Durasi OFDM awal (T_0) diperhitungkan berdasarkan perbandingan antara jumlah *subcarrier* dengan *bandwidth* sinyal OFDM yang digunakan. $T_0 = 25.6\mu s$.
7. Durasi sinyal OFDM yang dibangkitkan didapatkan dari nilai total durasi OFDM awal dengan durasi *cyclic prefix* (T_p). Besaran nilai CP ditentukan sebesar seperdelapan dari durasi simbol OFDM awal. Sehingga didapatkan $T_{OFDM} = 28.8\mu s$.
8. Resolusi laju radial dapat ditentukan berdasarkan panjang gelombang dari frekuensi *carrier* terhadap durasi simbol OFDM dan jumlah simbol yang dibangkitkan.

3.2. Perancangan Sistem dengan Simulasi MATLAB

Perancangan sistem radar doppler OFDM dengan simulasi menggunakan perangkat lunak MATLAB pada beberapa tahapan utama dalam perancangan sesuai dengan metode utama dalam tugas akhir ini merancang beberapa tahapan penting dalam pembangkitan dan perancangan sistem radar yang menggunakan teknik sinyal OFDM. Pada perancangan sistem radar doppler OFDM mengacu pada diagram blok yang ditampilkan oleh **Gambar 3.1** Perancangan sistem meliputi sub-sistem pemancar, sub-sistem penerima, pemodelan target, dan sub-sistem pengolahan informasi. Pada perancangan sistem dengan perangkat yang berbasis matriks, hal yang perlu diperhatikan dari perancangan sistem radar OFDM, dengan *subcarrier* dan simbol OFDM sebagai acuan dari data baris dan kolom yang terbentuk.

3.2.1. Sub Sistem Pemancar Pada MATLAB

Sistem pemancar dimodelakan dengan meliputi beberapa tahapan utama dari pembangkitan sinyal OFDM dan dijabarkan selanjutnya. Dimulai dengan pembangkitan bit informasi sampai dengan data hasil penambahan *cyclic prefix* yang telah diubah kembali kedalam bentuk serial untuk dapat ditransmisikan.

3.2.1.1. Pembangkitan Bit

Pembangkitan bit informasi dengan menggunakan *random integer* dengan data serial berupa nilai acak dari integer dengan jumlah data yang dibangkitkan sebanyak jumlah *subcarrier* dan jumlah simbol yang akan dibangkitkan dan nilai nilai vektor skalar untuk selanjutnya disesuaikan dengan modulasi yang digunakan. Berikut algoritma yang dibangkitkan.

```
Bit = randint(1,Nsym*Nc,M);
```

Agar dapat memenuhi data yang dibuthkan untuk selanjutnya dipetakan sebagai sinyal OFDM yang saling ortogonal antara *subcarrier* dan simbol yang dibangkitkan sesuai desain awal.

3.2.1.2. Modulasi QPSK

Penggunaan modulasi QPSK bertujuan sebagai fungsi mapping bit menjadi simbol-simbol dengan fungsi *pskmod* pada matlab. Mudolasi QPSK membentuk simbol sehingga terdapat pasangan bit pada setiap framenya.

```
mappingQPSK=modulate(modem.pskmod(M,pi/4),Bit);
```

Hasil data dari modulasi QPSK sudah membentuk sinyal dengan pasangan bit yang pada tiap elemen dari datanya juga terbentuk sinyal *inphase* dan *quadrature* yang diperlukan dalam pembentukan sinyal OFDM.

3.2.1.3. IFFT

Proses operasi IFFT digunakan dalam rangka membentuk *subcarrier* sehingga saling ortogonal yang menjadi dasar dari sinyal OFDM. Data yang dibuthkan dalam proses IFFT dalam bentuk data paralel sehingga dalam bentuk matriks baris dan kolom, elemen dari baris merupakan data dari *Subcarrier* dan kolom merupakan data dari simbol yang akan dibangkitkan. Algoritma IFFT menggunakan fungsi IFFT yang terdapat dalam matlab.

```
ParData=reshape(mappingQPSK,Nc,[]);  
OprIFFT = ifft(ParData,Nc);
```

Sehingga keluaran dari IFFT sudah membentuk simbol OFDM yang dalam domain waktu.

3.2.1.4. Penambahan Cyclic Prefix

Proses penting dalam menjaga keortogonalitasan sinyal OFDM pada kanal dengan menambahkan *cyclic prefix*. Penyalinan seperdelapan data awal dari operasi sebelumnya pada akhir data sinyal.

```
cpadd=[OprIFFT((Nc-Ncp+1):Nc,:);OprIFFT]
```

3.2.2. Sub Sistem Penerima Pada MATLAB

Hasil sinyal yang telah dimodelkan dan mempunyai informasi tentang *delay* yang didapatkan dari jarak target dan laju radial yang didapatkan dari frekuensi *offset* akibat pantulan dari target yang bergerak akan diterima dan diproses selanjutnya. Sebelumnya untuk mendapatkan informasi laju radial dan jarak diperlukan proses pengembalian sinyal seperti semula pada sistem penerima. Proses pengembalian data informasi diperlukan proses-proses penghapusan cyclic prefix, operasi FFT, demodulasi QPSK.

3.2.2.1. Penghapusan Cyclic Prefix

Penghapusan *cyclic prefix* dilakukan dengan cara menghilangkan seperdelapan data awal yang telah disipkan saat proses pembangkitan sinyal dilakukan. Dari algoritma penghapusan CP dilakukan dengan melakukan penghapusan data CP dari setiap *subcarrier*.

```
cpremv=[ParDataRx((Ncp+1):(Nc+Ncp),:)];
```

3.2.2.2. FFT

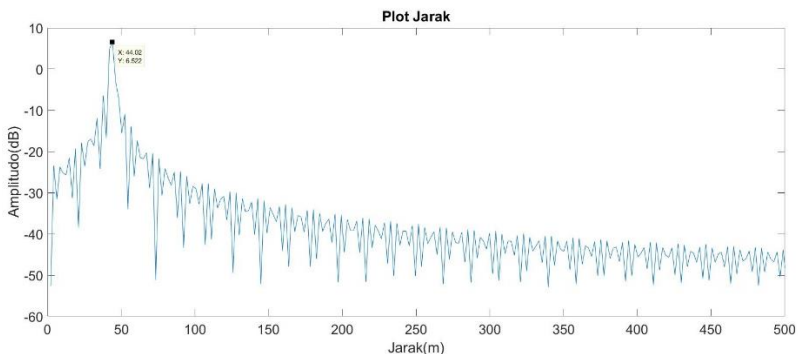
Operasi FFT dilakukan berdasarkan data dengan *cyclic prefix* yang telah dihilangkan dengan memepertimbangkan besar jumlah *subcarrier* sebagai titik FFT untuk mengembalikan simbol yang telah dibangkitkan.

```
OprFFT=fft(cpremv,Nc);
```

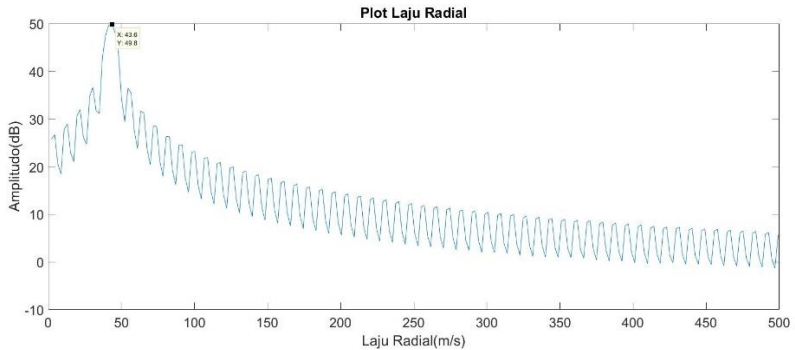
3.2.3. Sub Sistem Pengolahan Informasi Pada MATLAB

Data informasi yang diterima selanjutnya akan dibandingkan dengan data dari pemancar. Data yang diperlukan dalam hal ini merupakan hasil proses dari operasi FFT setelah sinyal diterima dan dibandingkan dengan data sebelum operasi IFFT dilakukan pada sistem pembangkitan sinyal. Dari hasil tersebut dimulai proses pengolahan untuk mendapatkan data tentang laju radial dan jarak target yang telah dimodelkan sebelumnya. Proses mendapatkan informasi dilakukan dengan metode pengolahan berdasarkan simbol.

Untuk mendapatkan hasil informasi tentang laju radial dan jarak target diperlukan proses pengolahan untuk dapat divisualisasikan dan diterjemahkan kedalam bentuk hasil plot dan nilai data yang terdeteksi. Percobaan dilakukan dengan menguji hasil simulasi dengan menggunakan frekuensi kerja 2.1 GHz dengan banyaknya *subcarrier* 1024 dan jumlah simbol sebanyak 256 simbol. Dengan *bandwidth* sebesar 40 MHz dan ditetapkan laju radial serta jarak target yaitu 40 m/s dan 40 m. Ditampilkan pada **Gambar 3.3** dan **Gambar 3.4** didapatkan hasil laju radial sebesar 43.6 m/s dan hasil dari deteksi jarak sebesar 44.02. Sehingga dari hasil yang didapatkan nilai hasil deteksi dengan target yang dimodelkan dapat digunakan karena memiliki kesalahan deteksi yang relatif rendah.

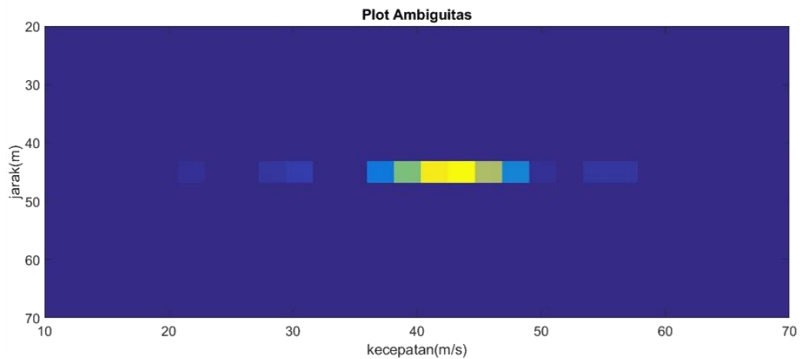


Gambar 3.3 Hasil Deteksi Jarak Target dengan MATLAB



Gambar 3.4 Hasil Deteksi Laju radial Target dengan MATLAB

Dari hasil yang ditampilkan pada **Gambar 3.5**, merupakan pengolahan sinyal menggunakan metode periodogram yang dilakukan untuk memvisualisasikan dari hasil laju radial dan jarak terhadap besar daya yang telah didapatkan sebelumnya.



Gambar 3.5 Peridogram Deteksi LajuRradial dan Jarak Target

Pada periodogram dapat dijelaskan bahwa pada sumbu x merupakan koordinat nilai dari laju radial dan sumbu y merupakan hasil dari jarak target, sedangkan perbedaan gradasi warna menjadi indikasi bahwa target yang terdeteksi memiliki nilai ampiluto daya yang lebih tinggi.

3.2.4. Pemodelan Target Pada MATLAB

Pemodelan target disesuaikan dengan kondisi dan keadaan dimana dibentuk sedemikian rupa untuk ditambahkan *delay* dan frekuensi *offset* sebagai hasil dari jarak dan laju radial dari target yang diinginkan.

3.2.4.1. Pemodelan Jarak Target

Penyesuaian pemodelan target didapatkan dengan cara menyisipkan *zeropad* atau nilai 0 sepanjang durasi delay sesuai dengan jarak dari target. Jumlah *zero* yang disipkan didapatkan dari panjang hasil durasi total terhadap jumlah *subcarrier* yang dibangkitkan dan dibandingkan dengan durasi *delay* dari jarak target. dijelaskan dengan algoritma dibawah.

```
Tdelay = 2*(R/c);  
Tsign = Ttotal/(Nc+Ncp);  
NTdelay = round(Tdelay/Tsign);  
xdelay = [zeros(1,NTdelay),Tx];
```

dimana periode *delay* dan didapatkan dari persamaan umum mengenai jarak pada radar yaitu hasil perbandingan 2 kali jarak (R) yang merupakan jarak tempuh sinyal atau *round trip delay* terhadap nilai dari kecepatan cahaya (c).

3.2.4.2. Pemodelan Laju Radial Target

Nilai frekuensi *offset* untuk mendapatkan informasi laju radial target didapatkan dari nilai frekuensi doppler yang berkaitan dengan durasi sinyal yang dibangkitkan dan dikalkulasikan dengan data dari sinyal yang dipancarkan.

```
tardoppler=Tardelay.*exp(1j*2*pi*t*(fd)*Ttotal);
```

pada algoritma penambahan frekuensi doppler ditambahkan pada sinyal yang telah ditambahkan dengan *delay* terhadap target dalam algoritma diatas yang merupakan Tardelay.

3.3. Perancangan Sistem dengan Simulasi LabVIEW Communication

Simulasi yang dilakukan menggunakan perangkat lunak Labview Communication bertujuan untuk memvalidasi hasil rancangan sistem pada simulasi matlab dan juga melakukan validasi apakah program *mathscript* sudah tepat dan dapat digunakan pada program rancangan pengujian untuk selanjutnya dapat diimplementasikan pada pengujian menggunakan perangkat USRP RIO. Sama halnya dengan simulasi yang dilakukan menggunakan. Sama halnya dengan penggunaan perangkat lunak matlab, proses pengolahan sinyal dilakukan dalam satu tahapan sehingga tidak terlalu membebani kinerja dari perangkat yang digunakan. Penggunaan *mathscript* pada LabVIEW Communication dilakukan dengan harapan dapat meringankan kinerja dari proses saat pengolahan data dilakukan.

Kinerja perangkat lunak LabVIEW Communication pada perangkat dengan sebuah program dengan *data rate* yang cukup tinggi dapat sangat membebani kinerja dari perangkat *desktop*. Dengan penggunaan *mathscript* sebagai program pembangkitan dan pengolahan sinyal, model simulasi dapat dilakukan dengan memodelkan target yang *real time*, dimana untuk mendapatkan hasil deteksi target dapat dilakukan dengan mengubah-ubah nilai dari laju radial dan jarak target dan juga berarti suatu target dapat terlihat perpindahan posisi dari lokasi pada jarak A ke lokasi pada jarak B.

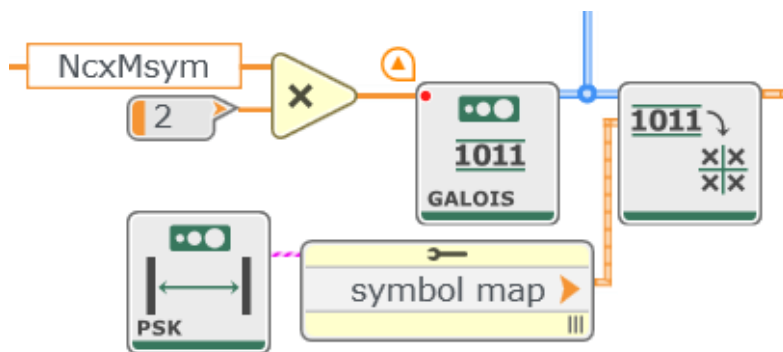
3.3.1. Sistem Radar Doppler OFDM Pada LabVIEW Communication

Dengan menggunakan kode *mathscript* yang dirancang menggunakan matlab yang dapat diimplementasi pada program simulasi pada LabVIEW Communication, hanya saja terdapat beberapa perbedaan dengan konfigurasi atau pengaturan program yang perlu dilakukan seperti pengaturan *IQ rate* dan perlakuan untuk hasil visualisasi yang akan ditampilkan.

3.3.1.1. Sub Sistem Pemancar dengan Simulasi LabVIEW Communication

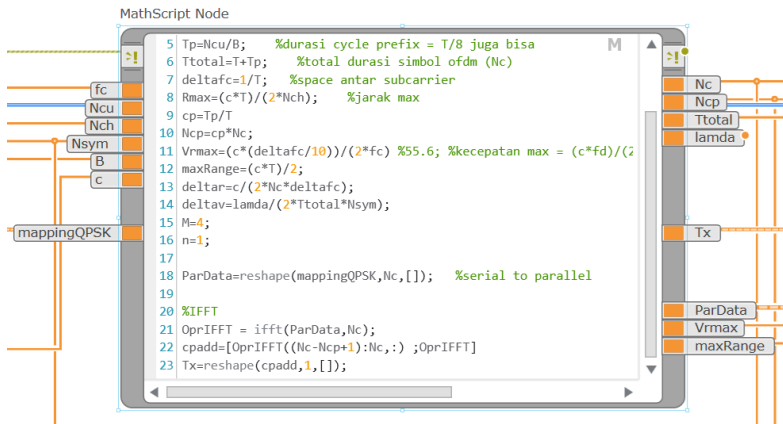
Berdasarkan dengan diagram blok radar doppler OFDM pada **Gambar 3.1** dan rancangan simulasi dengan perangkat lunak matlab rancangan simulasi pada LabVIEW Communication dilakukan dengan

menggabungkan sebagian program matlab. Pada sub sistem pemancar, pembangkitan bit dan dan modulasi mapping dilakukan dengan menggunakan blok sistem dari LabVIEW seperti pada **Gambar 3.6**. Pada dasarnya ide utama dari pembangkitan bit dan fungsi mapping yang serupa dengan rancangan program matlab, akan tetapi total bit yang perlu dibangkitkan pada program LabVIEW Communication dibutuhkan 2 kali dari total bit yang akan dibangkitkan pada program matlab, karena hal ini diperlukan untuk pengolahan pada modulasi QPSK yang mempunyai ketentuan dimana pada proses ini dilakukan pengubahan aliran bit menjadi sebuah simbol dengan pasangan bit yang berarti 2 bit menjadi 1 simbol.



Gambar 3.6 Pembangkitan Bit dan Mapping QPSK

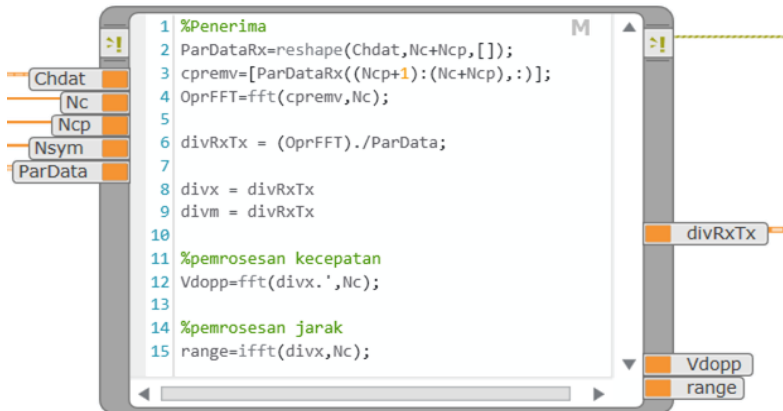
Blok pembangkitan bit dan fungsi mapping digunakan dengan alasan pada penggunaan perangkat lunak LabVIEW Communication dibutuhkan pengaturan sampel per simbol yang dapat menentukan kinerja dan hasil dari sistem yang dibangun. Tahapan selanjutnya dengan membangkitkan sinyal OFDM itu sendiri. Pada tahapan ini mulai digunakan *mathscript* sebagai pemrosesan sinyal OFDM, seperti yang ditampilkan pada **Gambar 3.7**.



Gambar 3.7 Program Pemancar dengan Mathscript.

3.3.1.2. Sub Sistem Penerima dengan Simulasi LabVIEW Communication

Pada sub sistem penerima, dimulai dari penerimaan sinyal hingga sinyal selanjutnya dapat diproses untuk mendapatkan informasi tentang deteksi target. Penggunaan *mathscript* secara penuh dilakukan dengan harapan meringankan kinerja dari perangkat *host desktop* yang digunakan. Disamping itu, pengaturan mengenai IQ rate dan sampel/symbol telah dilakukan pada saat proses pembangkitan sinyal OFDM dilakukan.



Gambar 3.8 Program Penerima dengan Mathscript

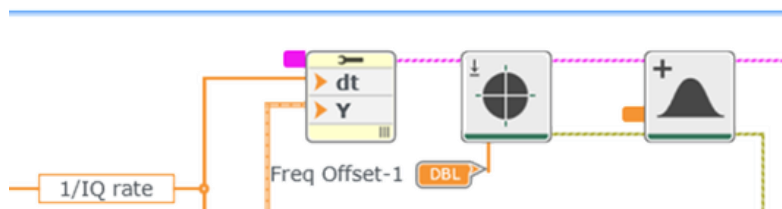
Gambar 3.8 menampilkan pemrosesan radar doppler OFDM menggunakan *mathscript* yang meliputi penghapusan CP, operasi FFT, hingga dilakukan perbandingan data pada pemancar dan data yang diterima untuk selanjutnya dapat diolah menjadi sebuah informasi tentang target.

3.3.2. Pemodelan Target dengan Simulasi LabVIEW Communication

Target disesuaikan dengan pemodelan target yang dirancang pada simulasi matlab, yaitu pada pemodelan laju radial dengan menambahkan frekuensi *offset* pada data sinyal yang akan dipancarkan dan pada pemodelan jarak dengan menambahkan *delay* pada data sinyal yang akan diterjemahkan sebagai laju radial dan jarak dari target pada saat dilakukan pengolahan informasi radar.

3.3.2.1. Pemodelan Laju radial Target pada LabVIEW Communication

Berbeda dengan rancangan program dengan matlab yang menambahkan frekuensi *offset* secara manual, pada LabVIEW Communication sudah memiliki blok fungsi untuk menambahkan frekuensi *offset* seperti pada **Gambar 3.9**.



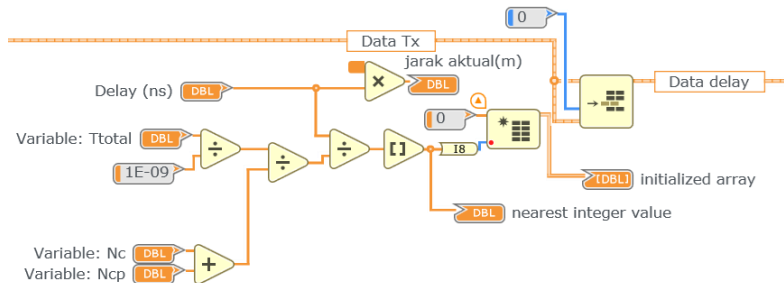
Gambar 3.9 Pemodelan Laju radial Target

Frekuensi *offset* ditetapkan dengan menggunakan persamaan (2.16) untuk menentukan laju radial aktual dari target.

3.3.2.2. Pemodelan Jarak Target pada LabVIEW Communication

Ide utama dari pemodelan jarak target serupa dengan yang dilakukan pada rancangan program matlab yaitu dengan menambahkan

nilai *zero* atau *zeropadd* diawal data sehingga banyaknya nilai *zero* dianggap sebagai *delay* yang muncul akibat jarak target. **Gambar 3.10.**



Gambar 3.10 Pemodelan Jarak Target

3.4. Perancangan Sistem Pengujian

Implementasi sistem radar doppler OFDM dengan menggunakan perangkat keras USRP RIO yang sebelum proses pembangkitan sinyal secara riil diperlukan proses perancangan dengan menggunakan perangkat lunak LabVIEW Communication untuk dapat diatur berbagai konfigurasi dan sinkronisasi sinyal yang diperlukan dalam sistem radar. Perancangan sistem yang digunakan untuk pengujian dibagi kedalam 4 sub bab utama yaitu sistem pemancar, sistem penerima, konfigurasi, dan pengolahan sinyal secara *real time*.

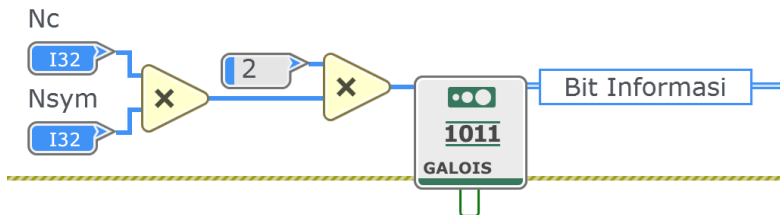
3.4.1. Sub Sistem Pemancar

Sistem pemancar pada penggunaan LabVIEW Communication mempunyai cara pengaturan yang berbeda dengan MATLAB, dalam perancangan sistem sangat penting untuk memperhatikan nilai *IQ rate* yang perlu disesuaikan dalam implementasinya. Disamping itu berbagai aturan yang perlu juga diperhatikan seperti *symbol rate* jumlah sampel untuk menjaga aliran data yang dijalankan tidak mengalami *underflow* ataupun *overflow* yang dapat menghambat kinerja dari sistem yang dirancang.

3.4.1.1. Pembangkitan Bit dengan PN Sequence

Penggunaan *Pseudo Numeric Sequence* secara langsung memberikan pembangkitan bit dengan orde tertentu, orde yang digunakan akan menentukan laju data dan hasil keluaran data dalam bentuk bit. PN sequence yang digunakan berdasarkan algoritma Galois.

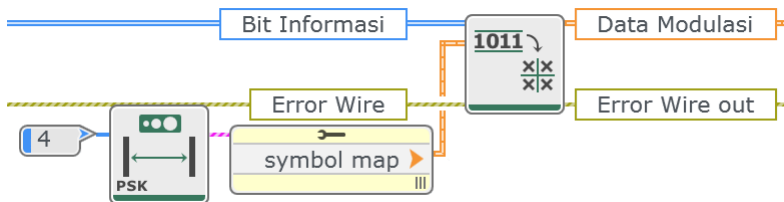
Pada **Gambar 3.11** pembangkitan bit memberikan input dengan jumlah data *Subcarrier* dan banyaknya simbol yang dikalikan 2, hal tersebut perlu dilakukan karena dibutuhkan untuk proses selanjutnya yang menggunakan modulasi QPSK, dimana pada modulasi tersebut memetakan pasangan bit (2 bit) menjadi kode unik dalam sebuah simbol.



Gambar 3.11 Pembangkitan Bit PN Sequence

3.4.1.2. Modulasi QPSK LabVIEW

Fungsi mapping dengan pemilihan modulasi 4-PSK atau QPSK. Pada penggunaan blok M-PSK, diperlukan pengaturan *symbol rate* yang sangat mempengaruhi aliran data yang akan dijalankan. Laju simbol yang digunakan pada tugas akhir ini sebesar 16 sampel/symbol yang merupakan nilai *default* dari blok yang tersedia. Ditampilkan pada **Gambar 3.12**.

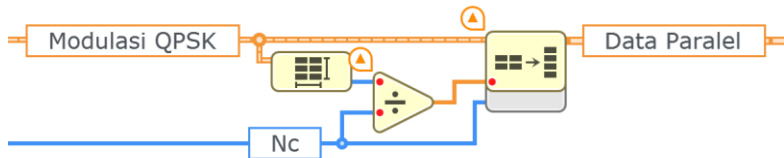


Gambar 3.12 Mapping Modulasi QPSK

Pada penggunaan USRP RIO untuk implementasi pembangkitan sinyal yang sesungguhnya untuk melakukan pemrosesan sinyal pada

perangkat USRP, tahapan modulasi ini sangat penting dimana hasil dari modulasi QPSK merupakan data yang berisikan I dan Q, dimana pada pembangkitan sinyal pada USRP dibutuhkan data yang mempunyai nilai I dan Q.

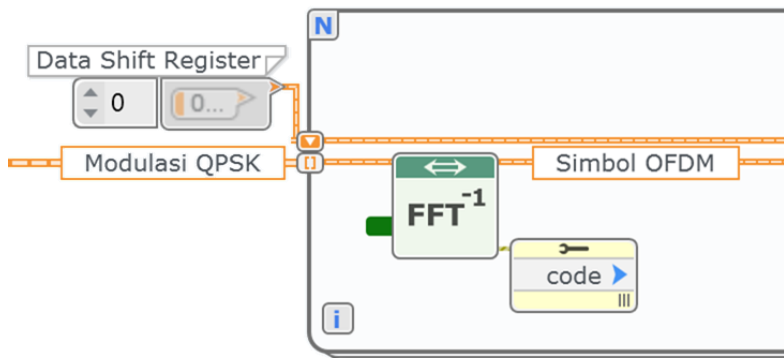
Gambar 3.13 merupakan konversi data serial menjadi paralel. Untuk dapat diproses selanjutnya dengan operasi IFFT diperlukan pengubahan data kedalam bentuk paralel yang pada hasil keluaran dari mapping QPSK merupakan data serial.



Gambar 3.13 Data Serial ke Paralel

3.4.1.3. IFFT LabVIEW

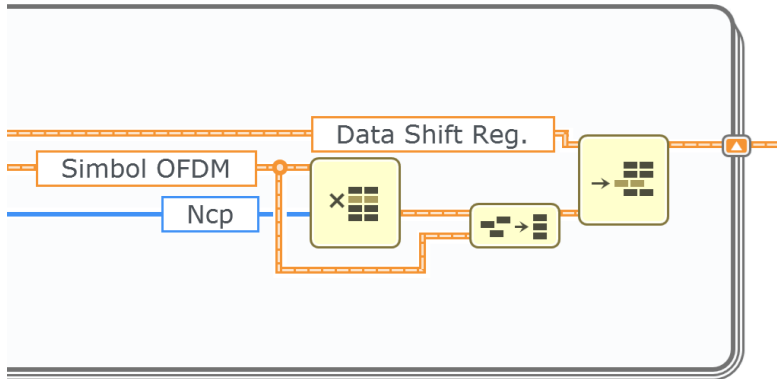
Pembentukan *subcarrier* agar saling ortogonal diperlukan penggunaan proses *looping* dengan *Shift Register* yang merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk menyusun simbol-simbol yang telah terbentuk setelah data dari modulasi QPSK dioperasikan pada fungsi IFFT, simbol tersebut disimpan saat proses *looping* berlangsung sejumlah banyaknya dari simbol OFDM yang ingin dibangkitkan.



Gambar 3.14 IFFT LabVIEW

3.4.1.4. Penambahan Cyclic Prefix LabVIEW

Serupa dengan skema penambahan CP pada simulasi matlab, ide utama dari penambahan CP dimulai dengan melakukan pencuplikan data akhir dari simbol OFDM sebelumnya sebesar jumlah CP yang ditentukan (N_{cp}), lalu menggabungkan kembali hasil cuplikan data CP kedalam data *array* yang dilakukan ketika dalam proses *looping* sedang berlangsung.



Gambar 3.15 Penambahan Cyclic Prefix

Keluaran dari loop setelah proses penambahan CP selesai, data yang terhimpun sudah merupakan data *array* dengan *subcarrier* yang saling ortogonal dengan CP yang disisipkan didalamnya.

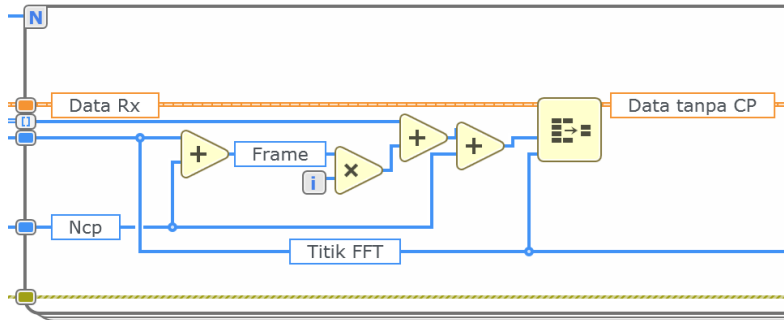
3.4.2. Sub Sistem Penerima

Setelah data diterjemahkan kembali kedalam LabVIEW, pengolahan data kembali dimulai. Bentuk data yang diterjemahkan kembali di penerima untuk diolah dapat diatur sesuai yang dibutuhkan oleh pengguna. Dalam tugas akhir ini dipilih tipe data yang sesuai tipe data terakhir sebelum dikirimkan menggunakan USRP yaitu *Complex Double Array* 1 dimensi.

3.4.2.1. Penghapusan CP LabVIEW

Dalam penghapusan CP yang telah disisipkan pada pemancar, perlu diperhatikan karena data dalam bentuk *array* dan penggunaan blok fungsi yang terdapat agar sistem berkerja lebih efektif. Dengan fungsi *array subset* **Gambar 3.16** dapat digunakn untuk mengembalikan

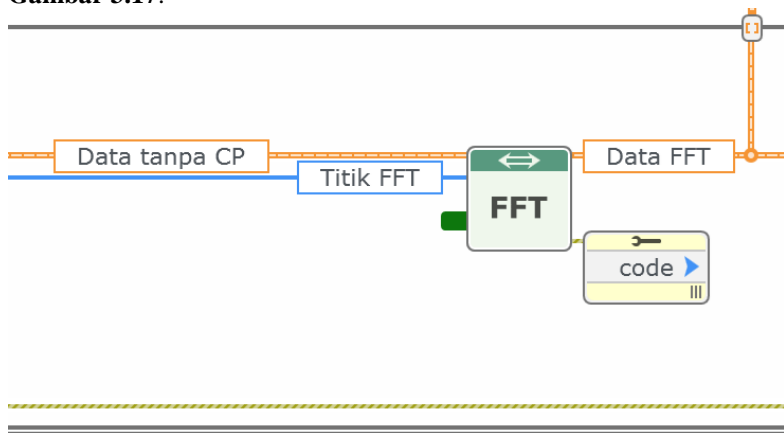
sebagai bagian dari sebuah array yang dimulai pada indeks tertentu yang berisikan beberapa elemen. Dengan panjang data sebesar nilai dari titik IFFT yang dibangkitkan.



Gambar 3.16 Penghapusan Cyclic Prefix

3.4.2.2. FFT Labview

Proses operasi FFT untuk mengembalikan simbol-simbol OFDM digunakan blok kompleks FFT dengan disesuaikan pada jumlah titik FFT. Secara sederhana proses operasi FFT dilakukan seperti pada **Gambar 3.17**.



Gambar 3.17 FFT LabVIEW

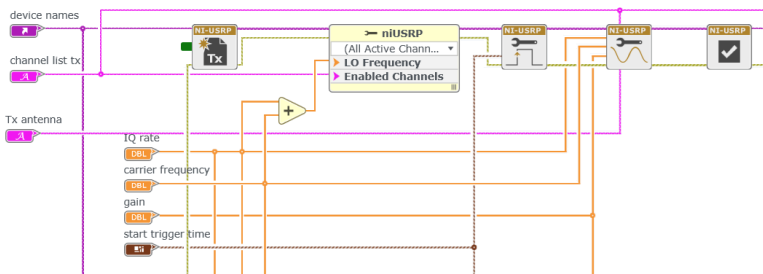
Hasil keluaran dari operasi FFT merupakan data penting yang selanjutnya dapat digunakan sebagai pembanding data terhadap data sebelum dilakukan IFFT pada pemancar sebagai representasi data untuk diolah kedalam bentuk informasi laju radial dan jarak.

3.4.3. Sub Sistem Konfigurasi USRP

Untuk dapat diterjemahkan dari *host desktop* (laptop) ke USRP RIO dan sebaliknya, perlu disusun dan diatur sesuai kebutuhan. Beberapa aspek utama pada pengaturan konfigurasi USRP pada LabVIEW:

- Nama perangkat *host desktop*
- Antena *port* yang digunakan pemancar ataupun penerima
- Nomor kanal yang digunakan dalam perangkat USRP
- IQ Rate yang merupakan sampel per detik
- Frekuensi pembawa yang akan digunakan
- *Local Oscillator* (LO)
- Besarnya gain dari pemancar ataupun penerima

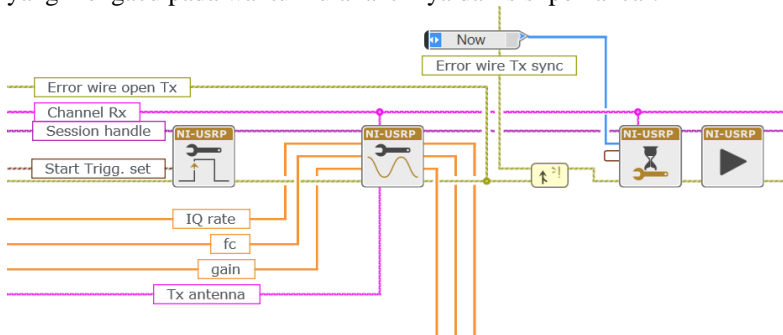
Ketepatan waktu aktif pemancaran dan penerimaan sinyal sangat diperlukan dalam sistem radar agar informasi *delay* dan frekuensi doppler yang didapatkan dari target dapat diolah selanjutnya dan tidak terjadi kerusakan. Jika terjadi *delay* pada perangkat atau perbedaan waktu aktif pemancar dan penerima tidak dapat terjalinya sinkronisasi sinyal atau ketidaktepatan sinyal yang diterima. Disamping itu pula perlu dilakukan konfigurasi lebih lanjut agar sinyal yang diterima dan diterjemahkan kembali dalam bentuk data tidak mengalami penyimpangan secara signifikan akibat hal yang tidak diperkirakan. **Gambar 3.18** dilakukan konfigurasi dan sinkronisasi pada LabVIEW untuk menghubungkan pada perangkat USRP RIO.



Gambar 3.18 Konfigurasi & Sinkronisasi Waktu Mulai Pemancar Aktif

Konfigurasi sederhana dilakukan dengan penyesuaian frekuensi pembawa, *local oscillator* (LO), dan IQ Rate pada pemancar dan penerima. LO USRP pada dasarnya secara otomatis akan bekerja berdasarkan frekuensi pembawa yang ingin dibangkitkan, akan tetapi pada beberapa kasus yang berbeda diperlukan tambahan konfigurasi LO seperti pada yang digunakan pada tugas akhir ini.

Sinkronisasi antara pemancar dan penerima dilakukan penambahan koneksi *error wire* dan juga pengaturan *start trigger time* yang mengacu pada waktu mulai aktifnya dari sisi pemancar.

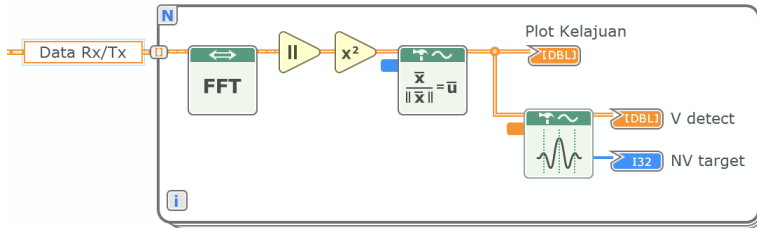


Gambar 3.19 Sinkronisasi Waktu Mulai Penerima Aktif

Pada USRP RIO mempunyai 2 kanal yang pada tiap kanalnya mempunyai pemancar dan penerima, untuk memaksimalkan penggunaan *bandwidth* dari yang dapat digunakan diperlukan pemisahan kanal yang akan digunakan sebagai pemancar dan penerima. Konfigurasi yang dilakukan dengan pengaturan kanal pada pemancar dan penerima dengan inisialisasi yang berbeda. Pada penggunaan alokasi kanal yang berbeda dan tetap mengaktifkan fungsi *start trigger time* pada sebuah program LabVIEW cukup dengan menghubungkan tiap blok yang digunakan sesuai pada **Gambar 3.19**.

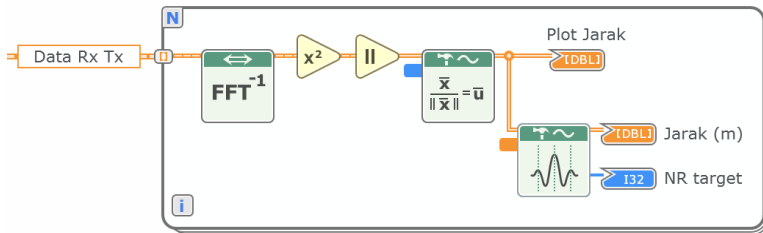
3.4.4. Sub Sistem Pengolahan Sinyal

Informasi tentang laju radial dan jarak didapatkan dari hasil perbandingan data setelah operasi FFT pada penerima dan data sebelum proses IFFT dilakukan pada pemancar. Setelah data hasil perbandingan antara pemancar dan penerima dilakukan selanjutnya dilakukan proses pengolahan berdasarkan simbol untuk mendapatkan informasi tentang laju radial dengan operasi kompleks FFT.



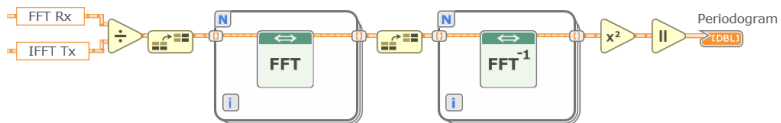
Gambar 3.20 Pemrosesan Informasi Laju Radial per Simbol

Serupa dengan pemrosesan laju radial, untuk pemrosesan jarak yang dilakukan pada LabVIEW dijelaskan pada **Gambar 3.21**, setelah dilakukan operasi IFFT, data keluaran dioperasikan dengan pengkuadratan untuk mendapatkan nilai dari laju radial dan daya normalisasi dari sinyal yang terpantulkan oleh target.



Gambar 3.21 Pemrosesan Informasi Jarak per Simbol

Informasi laju radial dan jarak digabungkan kedalam suatu plot dengan informasi sebuah target dengan penggunaan periodogram. Dengan menggabungkan hasil dari proses FFT dan IFFT dari setiap simbol terbangkitkan yang berisikan data informasi laju radial dan jarak pada **Gambar 3.22**.



Gambar 3.22 Pegolahan Informasi Berdasarkan Periodogram

3.4.5. Sub Sistem Perancangan dengan Mathscript

Untuk membantu meringankan kinerja dari proses pembangkitan dan pemrosesan sinyal yang diterima, dapat digunakan *mathscript* seperti pada rancangan simulasi yang telah diujikan sebelumnya. Dengan mengganti beberapa blok fungsi yang dapat diubah menggunakan *mathscript* sehingga dapat meningkatkan mengoptimalkan kinerja dari peroses yang dilakukan sehingga dapat menurunkan kemungkinan *overflow* karena proses pengolahan beberapa fungsi operasi seperti IFFT, penambahan CP, hingga proses IFFT pada penerima hanya dilakukan satu kali peroses saat penyusunan program *mathscript* dijalankan, dan mengurangi beban kerja dari perangkat lunak LabVIEW Communication.

Konfigurasi dan sinkronisasi tetap perlu dilakukan, tetapi terdapat beberapa hal yang perlu dipertimbangkan kembali seperti *IQ rate* yang akan digunakan pada saat proses rancangan sistem radar doppler OFDM dijalankan. Dalam penggunaan *mathscript* didapatkan beberapa keunggulan dengan rancangan konfigurasi yang sama.

3.5. Target Radar

Sinyal pantulan (*echo*) memiliki peran penting dalam sistem informasi dan hasil deteksi radar. Untuk mendapatkan pantulan sinyal yang optimal dibutuhkan target yang memiliki persebaran sinyal yang dari bahan yang cukup baik seperti tembaga dan metal. Pada tugas akhir ini dilakukan beberapa percobaan menggunakan beberapa jenis target yang berbeda seperti penggunaan alumunium foil sebagai target yang akan terdeteksi untuk menggunakan bahan yang tidak umum digunakan sebagai target, perlu dilakukan percobaan. Merujuk pada penelitian yang pernah dilakukan [9].

Penggunaan alumunium foil sebagai target dapat terdeteksi dengan baik, disamping itu penggunaan alumunium foil juga memiliki biaya pembuatan yang cukup rendah. **Gambar 3.23** merupakan contoh target yang digunakan pada pengujian radar doppler OFDM.



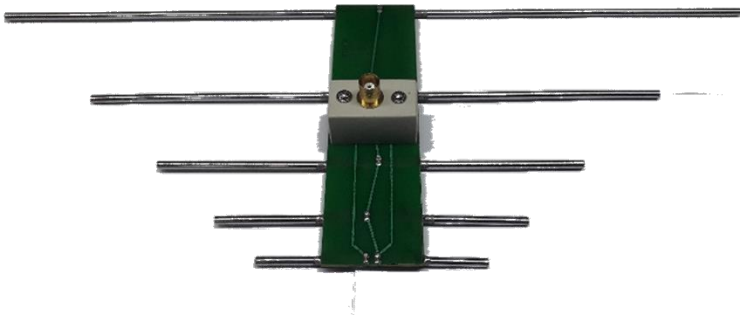
Gambar 3.23 Target Radar dengan Alumunium Foil

3.6. Antena Radar

Aspek penting dalam sistem radar salah satunya penggunaan perangkat untuk menunjang agar sistem dapat bekerja sesuai dengan desain spesifikasi awal. Penggunaan antena dapat mempengaruhi kinerja dari sistem radar doppler OFDM. Beberapa parameter utama antena yang dapat mempengaruhi dan harus dipenuhi seperti lebar frekuensi kerja dari antena, nilai SWR, *bandwidth*, lebar *beamwidth* dari antena yang digunakan.

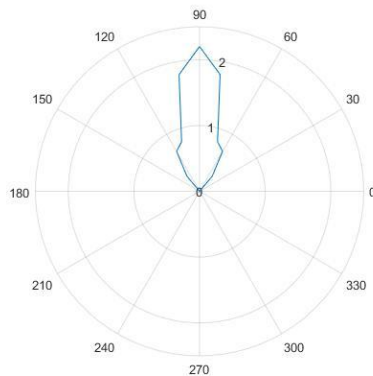
Antena *log periodic* **Gambar 3.24** digunakan dengan alasan mempunyai frekuensi kerja dan *bandwidth* yang sesuai dengan spesifikasi awal pada rancangan sistem radar doppler OFDM. Dengan frekuensi yang digunakan pada S-band.

Untuk melakukan verifikasi antena yang digunakan, perlu dilakukan pengecekan kembali dengan melakukan percobaan untuk dapat mengetahui bentuk pola radiasi dari antena yang digunakan. Pengecekan pola radiasi antena dilakukan dengan cara menguji antena menggunakan antena referensi yang mempunyai pola radiasi *directional* sebagai antena detektor dilakukan pengecekan pada tiap setiap sudut dengan total sudut 360° dari antena *log periodic* kemudian diperhitungkan daya yang terukur pada detektor.



Gambar 3.24 Antena Log Periodic

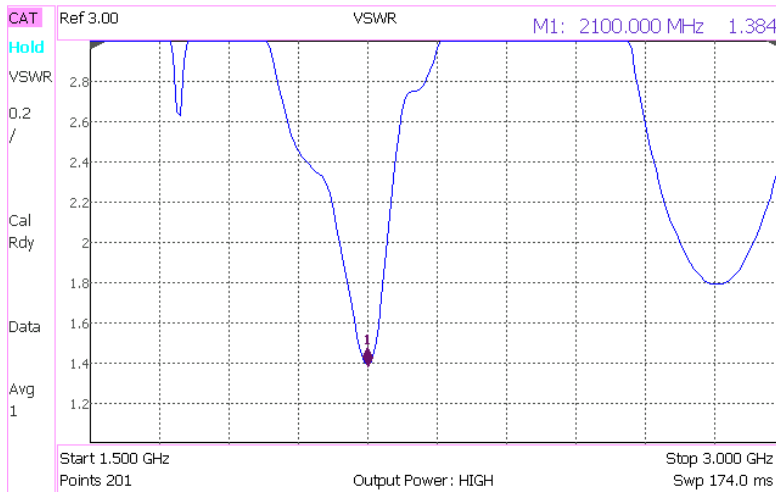
Secara sederhana pengukuran antenna dilakukan pada setiap sudut 10° demi mendapatkan gambaran yang cukup tepat dari pola radiasi antenna. Data hasil dari detektor yang terbaca selanjutnya diproses menggunakan pengolahan matlab sehingga didapatkan plot hasil pola radiasi dari antenna seperti pada **Gambar 3.25**. Dari hasil plot secara umum didapatkan dengan pola radiasi *directional*, hasil plot antenna digambarkan mempunyai hasil yang kurang optimal dikarenakan jumlah sampel sudut yang diukur hanya memiliki interval 10° dari sudut total 360° .



Gambar 3.25 Pola Radiasi Antena

Lebar *beamwidth* dan pengecekan *sidelobe* dilakukan atas dasar kebutuhan arah pemancaran antenna secara langsung atau *directional* dan pengujian sistem radar doppler OFDM dapat dilakukan pada lokasi yang tidak terlalu luas yang dapat menyebabkan sinyal pantulan (*echo*) dari objek lain yang tidak diinginkan ikut terdeteksi.

Selanjutnya pengecekan kinerja antenna dilakukan dengan bantuan perangkat *Virtual Network Analyzer* (VNA) untuk mendapatkan data tentang frekuensi kerja dan SWR dari antenna. Hasil dari verifikasi parameter antenna akan menjadi bahan pertimbangan apakah antenna sudah sesuai dengan sistem radar doppler OFDM yang dibutuhkan.



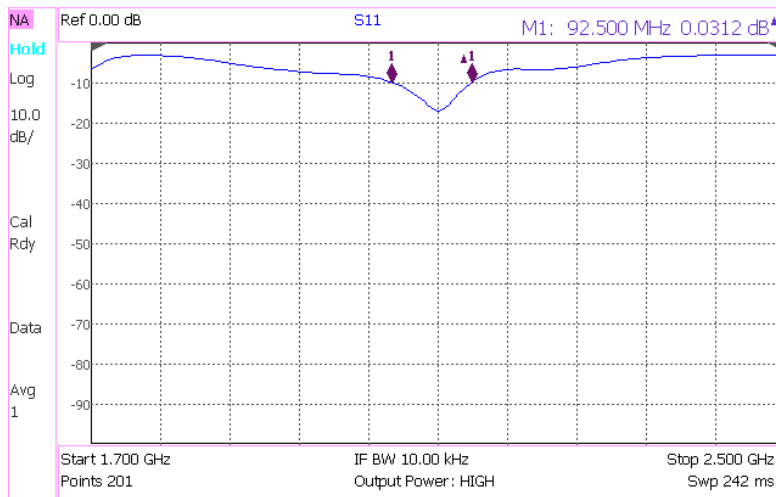
Gambar 3.26 Frekuensi Tengah dan Nilai SWR Antena

Gambar 3.26 menunjukkan hasil dari frekuensi kerja dan nilai SWR dari antenna, dimana pada gambar dijelaskan bahwa antenna *log periodic* yang digunakan memiliki frekuensi kerja 2.1 GHz dengan nilai VSWR 1.238.

pada teori perancangan antenna disebutkan jika sebuah antenna memiliki nilai SWR dibawah 2, maka antenna sudah memiliki kinerja yang cukup baik.

Lebar *bandwidth* suatu antenna dapat mempengaruhi kinerja dari sinyal yang akan dipancarkan. Pada penelitian ini dibutuhkan *bandwidth* sinyal yang dipancarkan mencapai 40 MHz, jadi untuk penggunaan

antena *log periodic* ini dapat digunakan sebagai antenna radar doppler OFDM. Hal tersebut ditunjukkan pada **Gambar 3.27**.

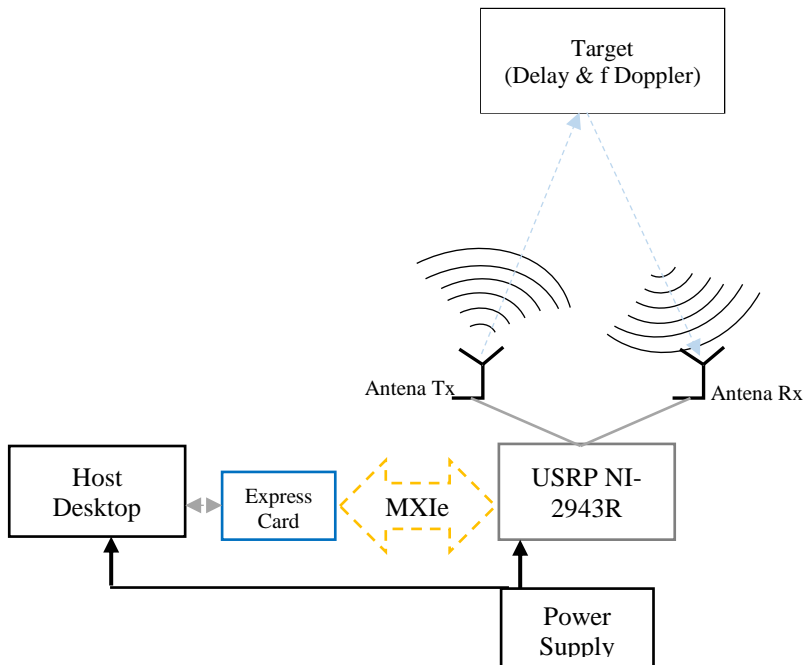


Gambar 3.27 Nilai Bandwidth Antena

3.7. Skenario Pengujian

Pengujian hasil perancangan sistem dapat diperoleh dengan menggunakan rancangan sistem yang telah dijalankan dengan proses simulasi, dengan tambahan beberapa konfigurasi yang perlu dilakukan juga perangkat-prangkat yang harus saling terhubung dengan elemen perangkat yang digunakan perlu disesuaikan dengan kebutuhan dari spesifikasi radar doppler OFDM.

Pengujian dilakukan dengan mengambil beberapa nilai aktual dari laju radial dan jarak target yang akan disesuaikan pada saat pengujian untuk didapatkan hasil deteksi terhadap target. Dilakukan dengan memberikan variasi dari nilai laju radial dan jarak sesungguhnya, kemudian juga dilakukan dengan penggunaan *subcarrier* dan simbol OFDM dengan beberapa variasi skema seperti pada **Gambar 3.28**.



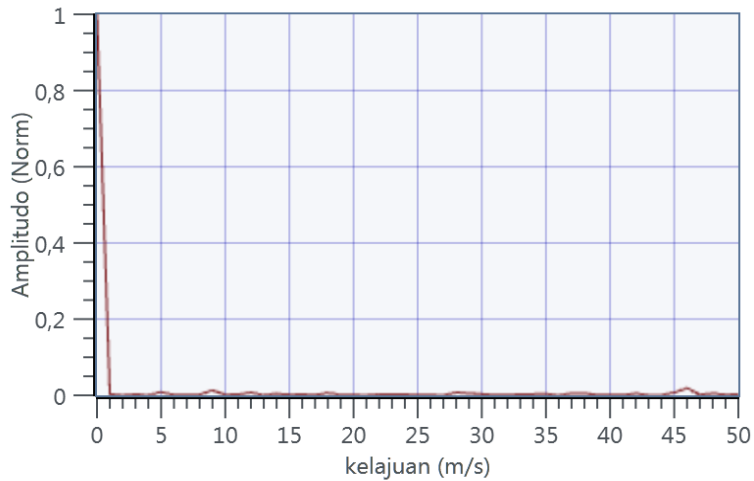
Gambar 3.28 Skema Konfigurasi Perangkat Keras

Metode pengujian dilakukan beberapa kali pengambilan data dengan beberapa parameter yang berbeda. Setelah diketahui kebutuhan pada sistem radar doppler OFDM akan besarnya *bandwidth*, jumlah *subcarrier* dan jumlah simbol yang dibangkitkan.

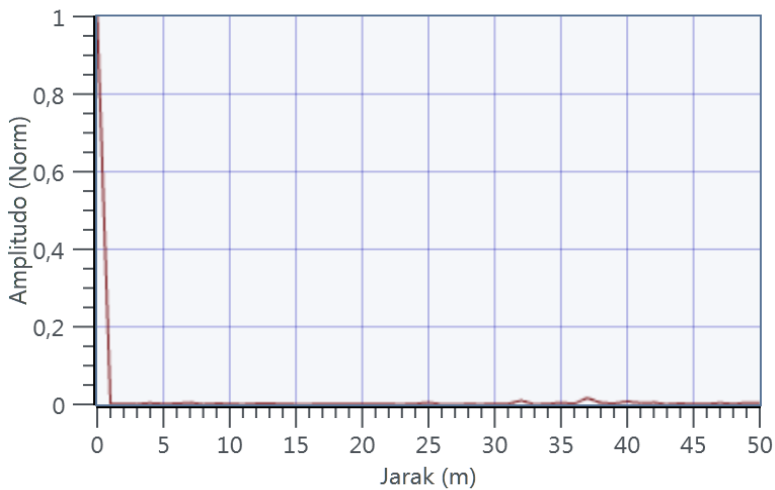
3.7.1. Kalibrasi Sistem

Referensi titik 0 laju radial dan jarak digunakan sebagai pembanding maupun indikator dari sistem yang telah dirancang. Kalibrasi titik referensi dilakukan dengan cara menghubungkan secara langsung dari pemancar kepada penerima menggunakan kabel dengan *attenuator*. Salah satu metode kalibrasi ini dilakukan guna mengindikasikan tidak ada *delay* sinyal yang mungkin muncul akibat berbagai perangkat yang digunakan seperti *overflow* atau *underflow* pada proses pengiriman data pada perangkat *host dekstop* dan proses penerjemahan sistem program pada perangkat USRP RIO melalui media transmisi yang digunakan.

Proses penentuan titik 0 referensi dilakukan setelah mempertimbangkan spesifikasi perangkat yang digunakan terhadap rancangan sistem yang telah dibuat.



Gambar 3.29 Titik 0 Referensi Laju radial



Gambar 3.30 Titik 0 Refrensi Jarak

Pada penentuan titik 0 referensi dilakukan dengan penggunaan parameter-parameter pada sub bab 3.2. dari **Gambar 3.29** dan **Gambar 3.30** telah diketahui nilai referensi, dapat disimpulkan bahwa sistem yang dirancang sudah tersinkronisasi dengan benar dan sesuai dengan target yang mempunyai nilai laju radial sebesar 0 m/s dan terdapat pada jarak 0 m.

3.7.1.1. Perbandingan Kanal

Untuk mengetahui apakah terdapat *clutter* maupun *noise* pada kanal saat dilakukan pengujian yang dapat menyebabkan hasil deteksi target mengalami keambiguan atau kesalahan deteksi akibat *clutter* ataupun *noise* yang diterima dengan daya yang cukup besar. Pengambilan data tanpa target dapat dilakukan dengan malakukkan pemacaran melalui antena sehingga pula hasil dari deteksi target dapat dibandingkan dengan hasil kanal tanpa target, hal ini juga dapat digunakan untuk mereduksi kesalahan dari hasil deteksi dengan pengolahan sinyal lebih lanjut.

3.7.2. Skema dan Konfigurasi Pengujian

Penentuan lokasi dan skenario pengujian akan dilaksanakan menjadi acuan yang penting, dimana pada keadaan sesungguhnya terdapat objek yang mungkin terdeteksi sebagai target. Pada tugas akhir ini, pemilihan lokasi diusahakan dilakukan pada lokasi yang cukup steril dari objek yang dapat mengganggu hasil deteksi. Penentuan lokasi pengujian juga dipertimbangkan berdasarkan kebutuhan dari kinerja target untuk memenuhi laju radial dan jarak yang ingin diujikan. Untuk mendapatkan data laju radial dibutuhkan wilayah yang cukup luas atau jalur yang cukup panjang karena laju radial yang diujikan relatif tinggi atau cepat.

Lokasi pengujian dipilih di sekitar tempat parkir gedung robotika ITS **Gambar 3.31** dengan alasan lokasi tersebut memiliki jalur yang cukup panjang untuk memenuhi kebutuhan laju radial target yang cukup tinggi juga tidak terlalu banyak objek yang dapat menyebabkan *clutter*. Disamping itu pengecekan sinyal wifi pada lokasi pengujian dilakukan dengan menggunakan *wifi analyzer* pada *smartphone*, untuk meminimalisir *noise* dan interferensi yang mungkin dapat mengganggu sinyal radar.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 4

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Deteksi Laju radial dan Jarak Radar (pada simulasi)

Pada bab ini dilakukan analisis dari hasil data yang didapatkan berdasarkan rancangan sistem pada bab sebelumnya. Analisis dimulai dengan hasil sistem radar doppler OFDM simulasi. Pembahasan dilakukan terfokus pada jumlah *subcarrier* dan simbol OFDM yang berkaitan dengan hasil deteksi.

4.1.1. Analisis Hasil Deteksi Laju Radial Terhadap Jumlah *Subcarrier* dan Simbol OFDM.

Berdasarkan proses pengolahan didapatkan hasil deteksi target dan resolusi laju radial dari target yang ditampilkan pada **Tabel 4.1**, spesifikasi yang diatur pada perancangan simulasi menggunakan frekuensi pembawa sebesar 2.1 GHz dengan *bandwidth* sebesar 40 MHz. Perbandingan hasil deteksi dilakukan dengan pemodelan target yang mempunyai nilai laju radial konstan dan sama pada tiap hasil simulasi yang dilakukan yaitu sebesar 20 m/s.

Dari hasil pada tabel dapat dianalisis semakin banyak jumlah simbol yang digunakan dapat meningkatkan resolusi laju radial dari target yang terdeteksi, nilai dari resolusi terhadap jumlah simbol berbanding terbalik, hal ini sejalan dengan teori yang ada karena semakin rendah nilai resolusi maka semakin baik pula resolusi dari deteksi target. Nilai resolusi sebuah target tidak terlalu berpengaruh pada hasil deteksi yang terbaca, berbeda jika digunakan target jamak, dimana resolusi sendiri merupakan kemampuan sistem radar untuk mendeteksi suatu target maupun membedakan target berbeda yang berdekatan.

Pada **Tabel 4.1** dapat diperhatikan hasil visualisasi laju radial target yang terdeteksi sangat dipengaruhi oleh banyaknya jumlah *subcarrier* yang dibangkitkan.

Akurasi hasil deteksi target didapatkan dari perbandingan hasil deteksi yang muncul pada tabel dengan pemodelan target dengan nilai yang ditetapkan. Peningkatan jumlah *subcarrier* dapat meningkatkan hasil deteksi atau dengan kata lain peningkatan akurasi hasil deteksi juga dapat diwujudkan dengan meningkatkan *bandwidth* dari sinyal OFDM.

Tabel 4.1 Hasil Resolusi dan Deteksi Laju radial (Simulasi)

Δf (Hz)	N_c	M_{sym}	Resolusi Laju radial (m/s)	Deteksi Laju radial (m/s)
78125	512	64	77.505	26.16
78125	512	128	38.752	26.16
78125	512	256	19.376	26.16
78125	512	512	9.688	26.16
78125	512	1024	4.844	26.16
625000	64	512	77.707	558
312500	128	512	38.752	139.5
156250	256	512	19.376	69.75
78125	512	512	9.6881	26.16
3.9063	1024	512	4.844	21.8
1.9530	2048	512	3.75	20.95

4.1.2. Analisis Hasil Deteksi Jarak Terhadap Jumlah *Subcarrier* dan Simbol OFDM

Hasil deteksi jarak yang terbaca pada sistem radar ditampilkan pada **Tabel 4.2** merupakan hasil visualisasi dan kalkulasi pada simulasi. Pada simulasi, target yang dimodelkan mempunyai jarak 20 m dari radar. Dan dengan memberikan beberapa variasi dari nilai *subcarrier* dan jumlah simbol yang dibangkitkan pada radar doppler OFDM.

Tabel 4.2 Hasil Resolusi dan Deteksi Jarak (Simulasi)

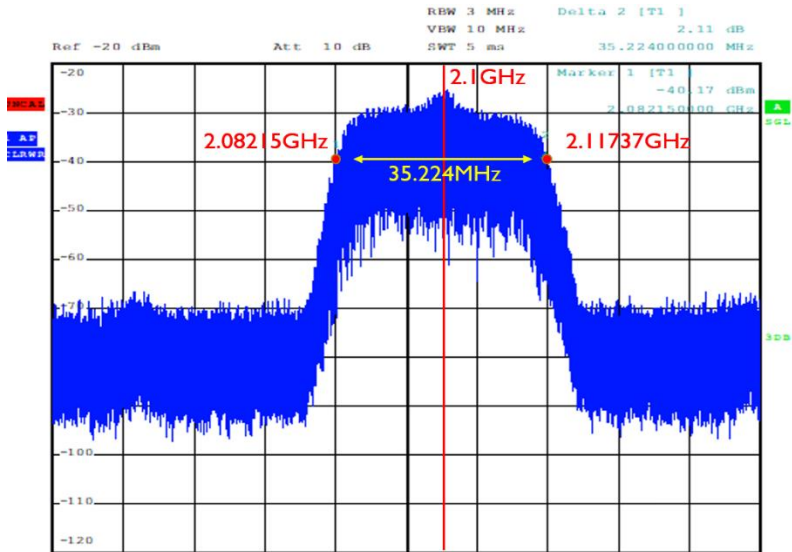
Δf (Hz)	N_c	M_{sym}	Resolusi Jarak (m)	Deteksi Jarak (m)
625000	64	512	3.75	21.05
312500	128	512	3.75	20.96
156250	256	512	3.75	20.96
78125	512	512	3.75	20.96
3.9063	1024	512	3.75	20.96
1.9530	2048	512	3.75	20.95
78125	512	64	3.75	20.96
78125	512	128	3.75	20.96
78125	512	256	3.75	20.96
78125	512	512	3.75	20.96
78125	512	1024	3.75	20.96

Hasil deteksi jarak target erat kaitannya dengan banyaknya penggunaan *subcarrier*, berdasarkan persamaan (2.16) resolusi jarak memiliki nilai relatif terhadap *bandwidth* pada sinyal OFDM yang dibangkitkan, sedangkan *bandwidth* sendiri didapatkan hasil kali antara spasi antar *subcarrier* dan banyaknya *subcarrier*. Peningkatan kemampuan deteksi radar terhadap jarak target dibutuhkan peningkatan *bandwidth* yang cukup signifikan disamping meningkatkan jumlah *subcarrier* yang dibangkitkan. Dari data yang ditampilkan tabel diatas, peningkatan jumlah *subcarrier* dapat meningkatkan visualisasi hasil deteksi jarak juga resolusi dari jarak target. Hasil tampilan tabel data resolusi jarak dan nilai deteksi jarak tidak terdapat perbedaan secara signifikan, hal tersebut disebabkan karena penetapan penggunaan *bandwidth*. *Bandwidth* konstan dengan variasi nilai *subcarrier*, merubah panjang spasi antar *subcarrier*. Perubahan spasi antar *subcarrier* memiliki perbedaan nilai yang relatif rendah bila dikalkulasikan untuk mendapatkan resolusi jarak.

4.2. Sinyal Radar OFDM dengan USRP RIO

Pembangkitan sinyal OFDM diterjemahkan menjadi keluaran sinyal analog yang sesungguhnya dari USRP RIO memerlukan konfigurasi disamping perancangan informasi dari sinyal OFDM itu sendiri. Pada tahapan awal yang diatur melalui *host desktop* berupa parameter-parameter dasar untuk membantu sistem rancangan dapat diterjemahkan oleh perangkat USRP RIO untuk dipancarkan. Konfigurasi pada *host desktop* meliputi beberapa elemen dasar seperti *IQ rate*, *Local Oscillator*, frekuensi *carrier*, *gain* pemancar atau penerima, dan beberapa elemen lainnya.

Sinyal *baseband* yang terbentuk pada domain frekuensi digunakan sebagai indikator sinyal yang akan dipancarkan oleh perangkat pemancar. **Gambar 4.1** menunjukkan sinyal OFDM yang keluar dari pemancar dan dibaca oleh *spectrum analyzer* (SA) untuk dilihat seberapa besarnya *bandwidth* dan nilai daya aktual dari sinyal yang dipancarkan. Pada gambar dilakukan pengaturan pada *host desktop* dengan nilai *IQ rate* sebesar 35MS/s, dan didapatkan nilai *bandwidth* sebesar 35.224 MHz. Dari beberapa percobaan dilakukan proses pembangkitan dengan nilai *IQ rate* tertentu, dari hasil yang tampak pada SA terlihat besar *bandwidth* berbanding lurus dengan besarnya nilai *IQ rate*.



Gambar 4.1 Sinyal OFDM pada Domain Frekuensi

Untuk mendapatkan hasil sinyal dengan spesifikasi yang diinginkan diperlukan penyesuaian terhadap konfigurasi. Sistem radar doppler OFDM memerlukan nilai *bandwidth* yang cukup besar untuk mendapatkan hasil deteksi yang cukup baik dengan cara meningkatkan nilai *IQ rate*, akan tetapi jika nilai *IQ rate* yang merupakan laju data sampling diperbesar, akan menimbulkan *overflow* data yang dikirimkan dan menyebabkan kinerja dari program terhambat. Pada kasus ini, *bandwidth* dan aliran data menjadi *trade off* yang perlu dipertimbangkan dan dipilih berdasarkan kebutuhan dari sistem radar parameter apa yang lebih dibutuhkan. Peningkatan *IQ rate* juga dapat menyebabkan sinyal tampak pada penerima terdapat lebih banyak *noise* yang mencolok pada sinyal.

4.3. Analisis Hasil Deteksi Laju radial

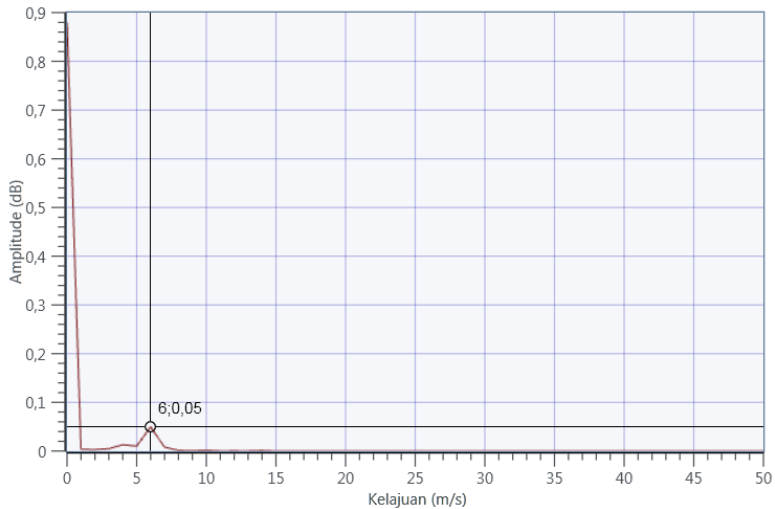
Pengujian dilakukan dengan menggunakan perangkat USRP RIO dan rancangan program LabVIEW Communication. Dibandingkan dengan rancangan simulasi pada pembahasan sub bab sebelumnya, sistem radar doppler OFDM dengan USRP terdapat banyak aspek yang harus diperhitungkan agar dapat dilakukan pemancaran sinyal radar sesuai

dengan yang diinginkan. Konfigurasi yang dilakukan pada sub sistem pemancar dan penerima dapat mempengaruhi hasil deteksi dari radar. Salah satu konfigurasi yang berpengaruh pada pembangkitan sinyal yaitu nilai *IQ rate* atau yang merupakan jumlah sampel per detik pada LabVIEW dan digunakan untuk mengirimkan data pada USRP RIO. Dalam pembahasan sebelumnya diketahui besaran nilai dari *IQ rate* sebanding dengan besarnya *bandwidth* yang terbangkitkan pada sinyal keluaran dari perangkat USRP RIO. Parameter yang digunakan pada pengujian radar doppler OFDM untuk mendapatkan hasil deteksi laju radial ditampilkan pada **Tabel 4.3**.

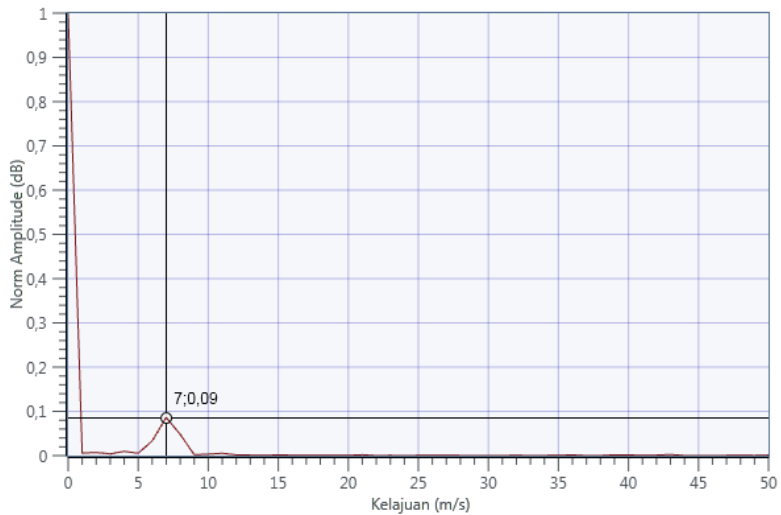
Tabel 4.3 Parameter Radar Doppler OFDM pada Deteksi Laju Radial

No.	Parameter	Nilai
1	f_c	2.1GHz ($\lambda=0.143$)
2	B	16.3 MHz
3	N_c	1024
4	N_{sym}	256
5	Δf	$1.592 \times 10^4 \text{ Hz}$
6	T_0	$6.2822 \times 10^{-5} \text{ s}$
7	T_{OFDM}	$7.067 \times 10^{-5} \text{ s}$
8	T_p	$7.8528 \times 10^{-6} \text{ s}$
9	ΔV	3.9479 m/s
10	Vmax	113.6998 m/s

Dari rancangan sistem radar doppler OFDM telah diimplementasikan dan didapatkan data hasil pengujian dengan skema pengujian yang ditetapkan, dengan menggunakan jumlah *Subcarrier* sebanyak 1024 dan simbol sebanyak 256 yang juga mempertimbangkan simbol *rate*. Pengaturan *IQ rate* dipilih seminimal mungkin agar tidak terjadi *overflow* data yang dapat menyebabkan sistem radar tidak dapat bekerja secara *real-time*. *Bandwidth* pada pengujian diatur berdasarkan nilai *IQ rate*, sehingga besarnya *bandwidth* 16.3 Mhz. Pada percobaan disimulasikan terlebih dahulu untuk diketahui dengan pengaturan nilai parameter dapat digunakan untuk dilakukan pendeteksian target dan didapatkan resolusi laju radial sebesar 1.63m/s. Dari percobaan yang dilakukan dipilih beberapa data yang terdeteksi untuk dibandingkan dan dianalisis. Dari parameter yang digunakan, disesuaikan berdasarkan kebutuhan dari pengujian dan keterbatasan dari perangkat.



Gambar 4.2 Hasil Deteksi Laju radial target 1

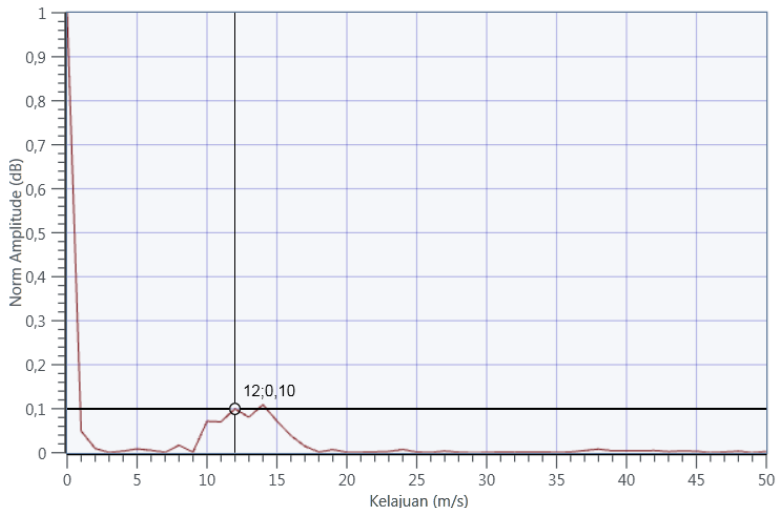


Gambar 4.3 Hasil Deteksi Laju radial Target 2

Pada laju radial target aktual yang dilakukan saat pengujian, laju radial target pada **Gambar 4.2** diusahakan mencapai nilai ± 20 km/h atau 5.556 m/s dengan *speedometer* kendaraan sebagai indikator ketepatan laju

radial target yang akan terdeteksi pada sistem target. Pada gambar hasil laju radial tampak nilai hasil deteksi target mempunyai nilai daya yang cukup rendah setelah dinormalisasi, hal tersebut dikarenakan terdapat nilai yang terdeteksi sebagai target dengan laju radial sebesar 0 m/s.

Beberapa pengujian dilakukan dengan menggunakan target yang bergerak menjauhi perangkat pemancar dilakukan dengan maksud dapat dilakukan pendeteksian target mempunyai waktu deteksi yang cukup panjang sampai target sudah tidak dapat terdeteksi oleh radar. Hasil laju radial Target II dilakukan dengan melajukan target secepat ± 25 km/h atau sebesar 6.944 m/s. Dari hasil didapatkan hasil deteksi dengan laju radial sebesar 7 m/s.



Gambar 4.4 Hasil Deteksi Laju radial Target 3

Pada **Gambar 4.4** terlihat tampak seperti terdapat beberapa target dengan laju radial yang berbeda, hal tersebut mungkin terjadi yang diakibatkan laju radial target yang bergerak dengan laju radial tinggi secara tidak konstan. Target utama yang digerakkan dengan laju radial ± 40 km/h atau sebesar 11.11 m/s, jadi hasil deteksi pada target yang muncul mungkin terdeteksi pada nilai 12 m/s pada hasil.

Dari hasil deteksi laju radial yang ditampilkan memperlihatkan terdapat sebuah sinyal yang terdeteksi sebagai objek dengan laju radial 0 m/s yang terdeteksi di titik 0 dengan daya yang cukup tinggi yang

mungkin juga dapat diterjemahkan sebagai *clutter* ataupun *sidelobe* dari antena yang dengan daya yang cukup besar dikarenakan, segala hal yang berkaitan dengan spesifikasi antena diperoleh secara manual tanpa adanya *datasheet* awal antena.

Keberhasilan dari hasil deteksi laju radial yang didapatkan dengan parameter awal yang diatur berdasarkan kebutuhan akan deteksi yang dilakukan saat pengujian. Dari hasil yang didapatkan dari pengujian dari deteksi target ke-1, 2, dan 3 mempunyai tingkat kesalahan deteksi rata yang relatif rendah. Presensasi nilai kesalahan rata-rata deteksi aju radial didasarkan pada selisih antara nilai laju radial aktual dengan laju radial hasil deteksi yang selanjutnya dibandingkan dengan nilai laju radial aktual sehingga memiliki nilai kesalahan rata-rata deteksi laju radial sebesar 5.604%. Dari hasil yang didapatkan, tingkat keberhasilan deteksi laju radial dengan *bandwidth* sebesar 16.3MHz cukup baik.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Deteksi Laju Radial

	Laju Radial Aktual ± (m/s)	Hasil Deteksi Laju Radial (m/s)	Kesalahan Deteksi
Pengujian 1	5.556 (20km/h)	6	7.991 %
Pengujian 2	6.944 (25km/h)	7	0.806 %
Pengujian 3	11.11 (40km/h)	12	8.01 %
		Rata-rata	5.604 %

4.4. Analisis Hasil Deteksi Jarak

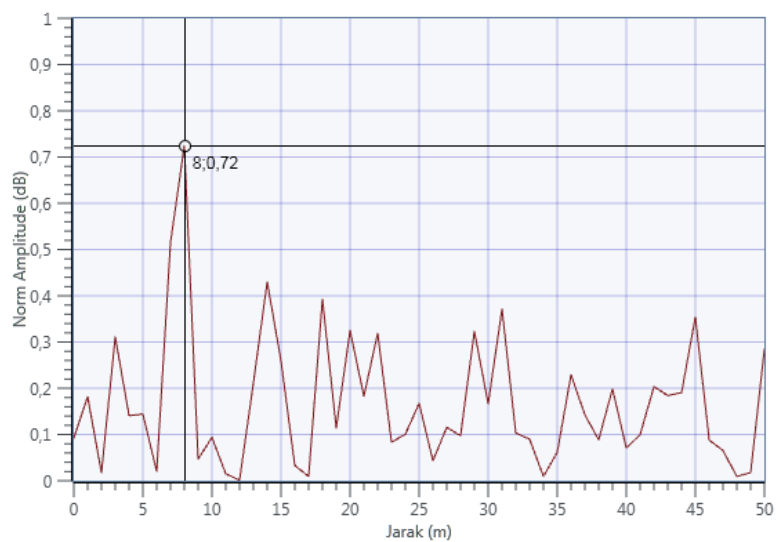
Jarak dari target dengan perangkat pemancar memperhitungan *round trip delay* yang merupakan total jarak tempuh sinyal yang dipancarkan kepada target dan jarak tempuh sinyal pantulan (*echo*) dari objek yang terpantulkan dan diterima oleh perangkat radar seperti pada persamaan (2.1). Pengaturan konfigurasi pada *host desktop* dilakukan dengan menggunakan banyak *subcarrier* sebesar 1024 dan jumlah simbol sebesar 256, hal tersebut dilakukan atas dasar kebutuhan banyaknya *subcarrier* agar hasil visualisasi pada hasil pengolahan didapatkan dengan tingkat akurasi yang cukup baik. Disamping itu *bandwidth* yang digunakan diusahakan sebesar mungkin dengan memaksimalkan kemampuan perangkat sehingga aliran data yang diolah pada pemancar dan penerima dapat bekerja dengan baik.

Tabel 4.5 Parameter Radar Doppler OFDM pada Deteksi Laju Radial

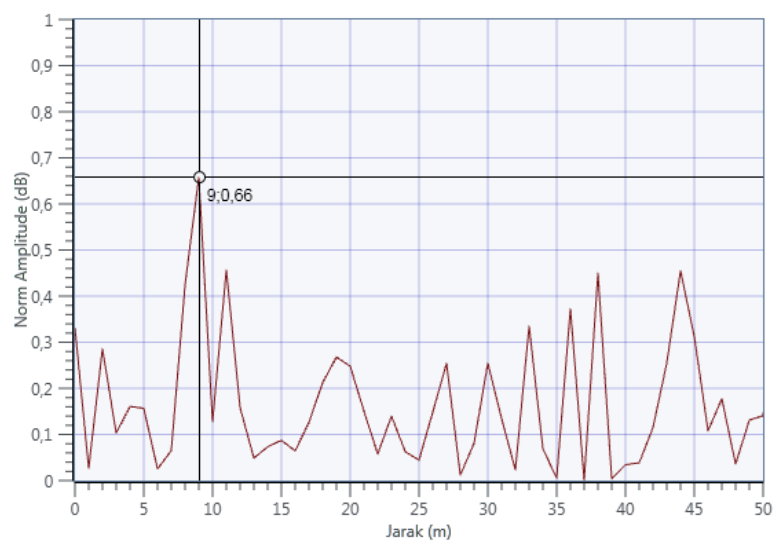
No.	Parameter	Nilai
1	f_c	2.1GHz ($\lambda=0.143$)
2	B	40 MHz
3	N_c	1024
4	N_{sym}	256
5	Δf	$2.4414 \times 10^4 \text{ Hz}$
6	T_0	$4.096 \times 10^{-5} \text{ s}$
7	T_{OFDM}	$4.608 \times 10^{-5} \text{ s}$
8	T_p	$5.12 \times 10^{-6} \text{ s}$
9	ΔR	6 m
10	Rmax	768 m

Perlakuan pada nilai *IQ rate* yang ditingkatkan menjadi 25 MS/s dan besar *bandwidth* aktual sebesar 25MHz sehingga *bandwidth* sinyal yang dibangkitkan dapat maksimal akan tetapi hal tersebut *trade off* dari tingkat noise yang akibat nilai *IQ rate* yang tinggi. Dan berikut parameter yang digunakan pada pengujian jarak target.

Pengujian dilakukan dengan memperhatikan besar *bandwidth* serta jumlah *subcarrier* dan simbol yang digunakan. Pada **Gambar 4.5** didapatkan hasil deteksi terhadap jarak target, dan target pada hasil pertama diletakkan pada jarak 3 m dari perangkat pemancar dengan memperhitungkan *round trip delay* dengan total jarak sinyal yang dilalui oleh sinyal sejauh 6 m. Hasil informasi yang terdeteksi pada radar sebesar 8 m, terdapat simpangan dari jarak yang sesungguhnya, ini mungkin disebabkan karena adanya pengaruh nilai *bandwidth* dan juga *delay* yang muncu akibat sinyal pantulan yang tidak langsung terdapat dari perangkat pemancar yang diarahkan ke target dan kembali kepada penerima. Terdapat sinyal lain dengan daya yang cukup tinggi sebagai *noise* yang dapat menyebabkan kesalahan pembacaan deteksi target. *Noise* yang muncul diakibatkan nilai *IQ rate* yang cukup tinggi juga bercampur dengan *noise* yang terdapat pada kanal. **Gambar 4.6** menunjukkan hasil jarak terdeteksi target yang diletakkan pada jarak 5 m dari perangkat pemancar dan target yang terdeteksi dari radar. Besarnya nilai jarak juga mempengaruhi hasil deteksi dari target, dimana semakin jauh jarak akan mempengaruhi nilai yang terdeteksi, juga didasarkan juga pada parameter-parameter awal yang dibangkitkan. Pada tugas akhir ini diketahui besarnya *bandwidth* sangat mempengaruhi hasil deteksi.

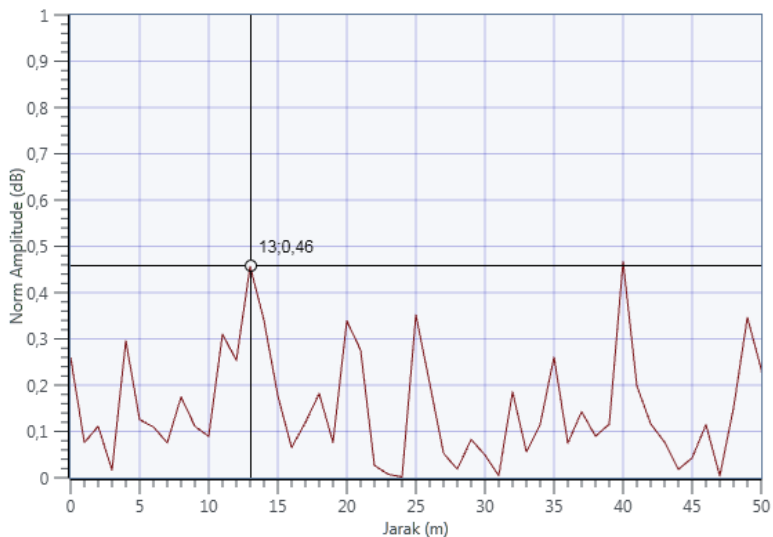


Gambar 4.5 Hasil Deteksi Jarak Target 1



Gambar 4.6 Hasil Deteksi Jarak Target 2

Hasil percobaan ketiga pada **Gambar 4.7** ditetapkan penempatan target sejauh 5 m, jika diperhitungkan *round trip delay* sinyal sejauh 10 m. Dapat diperhatikan dari gambar daya puncak target yang terdeteksi cukup rendah dan menyebabkan keambiguan pembacaan jarak target dari penempatan lokasi objek. Dengan mempertimbangkan penempatan lokasi target, sinyal yang menjadi indikasi target yang terdeteksi sebesar 13 m. Tingkatan daya sinyal yang rendah disebabkan sensitifitas dari penerima dan daya yang diterima pada perangkat sudah cukup rendah akibat dari propagasi pada kanal udara.



Gambar 4.7 Hasil Deteksi Jarak Target 3

Hasil deteksi dengan jarak target dari data yang didapatkan, digunakan sebagai bahan pertimbangan penentuan tingkat kesalahan hasil deteksi. Dari ketiga hasil yang ditampilkan pada **Tabel 4.6** memperhitungkan nilai kesalahan relatif yang didapatkan berdasarkan selisih antara jarak aktual dengan jarak hasil deteksi yang selanjutnya dibandingkan dengan nilai jarak aktual sehingga memiliki nilai kesalahan rata-rata deteksi jarak sebesar 16.82%.

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Deteksi Jarak

	Jarak Aktual \pm (m)	Hasil Deteksi Jarak (m)	Kesalahan Deteksi
Pengujian 1	3 (2x3m)	8	7.991 %
Pengujian 2	5 (2x5m)	9	0.806 %
Pengujian 3	7 (2x7)	13	8.01 %
		Rata-rata	5.604 %

4.5. Sistesis

Tugas Akhir ini ditujukan pada penelitian implementasi radar doppler OFDM dengan menggunakan perangkat yang berbasis *software define radio* (SDR), dengan menggunakan perangkat lunak Matlab sebagai simulasi yang selanjutnya diuji cobakan pada LabVIEW Communication, sehingga program yang dirancang dapat diterjemahkan pada perangkat SDR, khususnya USRP NI-2943R pada penelitian tugas akhir ini. Desain parameter dimulai dengan penentuan frekuensi kerja dari sistem radar, ditetapkan frekuensi pembawa 2.1 GHz (S-Band) berdasarkan penyesuaian pada spesifikasi perangkat-perangkat yang dapat digunakan seperti antenna dan dilanjutkan dengan menghitung parameter lainnya seperti spasi antar *subcarrier* yang dikalkulasikan berdasarkan *bandwidth* sinyal sebesar 40 Mhz yang juga mempertimbangkan *bandwidth* pada perangkat.

Tahap awal penelitian, perancangan dilakukan dengan melihat dampak penggunaan jumlah *subcarrier* dan simbol yang digunakan pada sinyal radar doppler OFDM, sehingga hasil dari simulasi dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan pada metode pengujian radar yang sesungguhnya. Dari hasil simulasi didapatkan bahwa jumlah *subcarrier* yang dibangkitkan sangat mempengaruhi hasil visualisasi hasil deteksi target radar, disamping itu jumlah *subcarrier* dapat meningkatkan hasil resolusi jarak dan tingkat akurasi dari hasil deteksi. Perbandingan jumlah *subcarrier* sangat signifikan pada hasil dari deteksi laju radial, dengan menggunakan *subcarrier* sebanyak 1024 dengan hasil deteksi yang memiliki tingkat akurasi dan resolusi paling baik. Sedangkan pada peningkatan jumlah simbol OFDM yang dibangkitkan berkaitan dan sangat berpengaruh pada resolusi dari laju radial.

Dari hasil simulasi dan dengan memperimbangkan penggunaan perangkat USRP NI-2943R dan LabVIEW Communication, dilakukan pengujian dengan menggunakan *subcarrier* sebanyak 1024 dan simbol

sebanyak 256, penggunaan *subcarrier* yang cukup besar dimaksudkan untuk meningkatkan tingkat akurasi dari hasil deteksi dari target, sedangkan penggunaan simbol sebanyak 256 dimaksudkan karena pada perangkat lunak LabVIEW Communication diperlukan pengaturan simbol *rate* yang sangat mempengaruhi kinerja dari sistem yang dirancang. Menurunkan jumlah simbol yang digunakan dapat meringankan kerja dari perangkat yang digunakan.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan program *script* matlab pada perangkat lunak LabVIEW Communication disamping itu hasil dari simulasi yang dilakukan dijadikan acuan sebagai bahan dasar parameter yang digunakan. Persiapan pengujian dilakukan dengan pengecekan elemen-elemen yang akan digunakan dan dapat berpengaruh pada hasil pengujian. Beberapa perangkat yang diperhatikan disamping penggunaan perangkat USRP, seperti antena dan objek yang digunakan sebagai target. antena yang digunakan merupakan antena log periodik dengan *beamwidth* yang cukup sempit dengan tujuan dapat digunakan pada lokasi yang cukup sempit, sedangkan objek yang digunakan berbahan dasar aluminium foil yang dapat memantulkan sinyal radar yang dipancarkan.

Proses pengujian dilakukan dengan menempatkan suatu target pada kejauhan tertentu untuk mendapatkan nilai dari jarak target dan menggerakkan target dengan laju radial yang cukup konstan menjauhi radar sehingga sinyal pantulan dapat lebih mudah terdeteksi oleh radar. Penempatan dan laju radial dari target dilakukan pada beberapa variasi untuk dibandingkan.

Dari hasil yang diperoleh pada bab 3 dan 4 penggunaan perangkat USRP dapat digunakan pada sistem radar doppler OFDM dengan memperhatikan beberapa parameter seperti nilai *IQ rate* dan *bandwidth* yang dibangkitkan oleh sinyal radar OFDM. Untuk mendapatkan data mengenai laju radial dan jarak pada penggunaan USRP secara sederhana memiliki kekurangan dimana sistem radar doppler OFDM membutuhkan *bandwidth* yang cukup besar untuk mendapatkan hasil deteksi jarak yang baik sedangkan, untuk nilai *bandwidth* berbanding lurus dengan nilai *IQ rate* yang digunakan, dimana *IQ* sangat mempengaruhi kinerja dari pengolahan sinyal radar doppler OFDM.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 5

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan pada penelitian tugas akhir ini dapat ditarik beberapa kesimpulan kedalam beberapa poin:

1. Deteksi target menggunakan perangkat berbasis SDR, yang dalam Tugas Akhir ini menggunakan USRP NI-2943R dapat dilakukan dengan memperhatikan nilai parameter IQ rate pada LabVIEW Communication sebagai laju transfer data dan nilai *bandwidth* dari sinyal yang dibangkitkan.
2. Deteksi laju radial dan jarak target dapat divisualisasikan pada plot grafik maupun periodogram dengan menggunakan pemerosesan yang didasarkan pada jumlah *subcarrier* dan simbol OFDM yang dibangkitkan.
3. Pada perancangan radar doppler OFDM jumlah optimal dari *subcarrier* dan simbol OFDM yang dapat digunakan sebanyak 1024 dan 256 yang disesuaikan dengan nilai IQ rate pada perangkat USRP NI-2943R.
4. Untuk memperbaiki hasil deteksi jarak target diperlukan peningkatan nilai IQ rate yang sebanding dengan besarnya *bandwidth* sinyal OFDM mendapatkan jarak target. Sedangkan untuk memperbaiki hasil deteksi laju radial dari target dibutuhkan nilai IQ rate yang lebih rendah sehingga sistem dapat bekerja secara *real-time*.
5. Nilai kesalahan rata-rata deteksi laju radial target pada pengujian sebesar 5.604% nilai *bandwidth* sebesar 16.3MHz
6. Nilai kesalahan rata-rata deteksi jarak pada pengujian sebesar 16.82% nilai *bandwidth* sebesar 40MHz
7. Pada penggunaan perangkat USRP NI-2943R diperlukan penyesuaian perangkat pendukung guna menunjang kinerja dari sistem radar doppler OFDM. Parameter pada komponen penunjang yang perlu diperhatikan meliputi, laju transfer data dan *bandwidth* dari *port* dan kabel penghubung antara *host desktop* menuju ke perangkat USRP.

5.2. Saran

Sebagai hasil penelitian Tugas Akhir yang dilakukan, berikut merupakan beberapa saran yang untuk dilakukan penelitian lanjutan mengenai topik yang serupa:

1. Untuk melakukan implementasi sistem radar doppler OFDM diperlukan pengkalibrasian pemancaran sinyal sebagai acuan dasar dari hasil deteksi target.
2. Untuk meningkatkan kinerja menggunakan perangkat SDR perlu diperhatikan kapasitas kinerja dari perangkat seperti perangkat *host desktop*, kabel, dan *port* penghubung pada perangkat USRP NI-2943R.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Werner, S. Leen, Y. Marwan, R. Tobias, K. Gerhard, M. Alberto, "Radar 2020: The Future of Radar Systems", *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS) 2015*, Milan, Italy, 2015, 188-191
- [2] Skolnik, M.I., *Introduction to Radar Systems*, 3d ed., McGraw-Hill, New York, 2003.
- [3] Rizky, M., "Desain Gelombang Radar MIMO Menggunakan Teknik Interleaved-OFDM," *Tugas Akhir Teknik Elektro ITS 2016*, Surabaya, Juni 2016.
- [4] Lelluoch, G., "Waveform Design and Processing Technique in OFDM Radar," *Department of Electrical Engineering, University of Cape Town, Rondebosch*, September 2015
- [5] Haykin, Simon. Moher, Michael, *Introduction to Analog and Digital Communications*, Second Edition. 2007. John Wiley & Sons, inc.
- [6] Wiesbeck, W., "Systems Concepts Radar of The Future," *Telecom Paris, KIT – University of the State of Baden-Wuerttemberg and National Research Center of the Helmholtz Association* european, March 2014
- [7] S. Sundaresan, C. Anjana, Z. Tessy, R. Gandhiraj, "Real Time Implementation of FMCW Radar for Target Detection using GNU Radio and USRP" in proc. *International Conference Communication and Signal Processing (ICCS)*, 2015, pp. 1530-1534
- [8] National Instrument, "NI-USRP 2943 Diagram Block," <URL:<http://www.ni.com/documentation/en/labviewcomms/latest/2943r/block-diagram/>>, 5 April 2017.
- [9] Maitra S, Gartley G. Michael, Kerekes, P. J, "A Low-Cost Laboratory-Based Polarimetric Synthetic Aperture Radar System for Scattering Analysis", *IEEE Antennas & Propagation Magazine*, vol. 59, pp.130-141, 2017.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

LAMPIRAN A

PENGESAHAN PROPOSAL TUGAS AKHIR

Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Elektro - ITS

TE141599 TUGAS AKHIR – 4 SKS

Nama Mahasiswa : Irfan Ramadhan Pramudita
Nomor Pokok : 2213 100 187
Bidang Studi : Telekomunikasi Multimedia
Tugas Diberikan : Semester Genap 2016/ 2017
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Gamantyo Hendrantoro, Ph.D.

13 FEB 2017

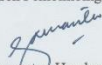
Judul Tugas Akhir : **Implementasi Radar Doppler dengan Sinyal *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)* pada Perangkat Berbasis *Software Define Radio (SDR)*.**
(**Implementation of Doppler Radar using *Othogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)* Signal on *Software Define Radio (SDR)* Platform**)

Uraian Tugas Akhir :

Konsep sistem radar yang digunakan banyak digunakan pada berbagai macam fungsi dan jenis. Kebutuhan sistem radar untuk mendeteksi objek atau target yang bergerak semakin banyak. Pada umumnya radar doppler juga digunakan untuk mendeteksi suatu objek yang bergerak dengan memperhitungkan pergeseran frekuensi yang diterima kembali pada radar. Sinyal OFDM yang dipancarkan pada radar membantu konsep radar doppler untuk mendapatkan hasil resolusi yang lebih baik. Untuk itu upaya sistem ini perlu untuk dikembangkan.

Dalam tugas akhir ini membahas bagaimana penggunaan sinyal *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)* *Single Input Single Output (SISO)* yang diimplementasikan pada sistem radar doppler untuk mendapatkan data dari kecepatan pada target yang ditentukan. Desain gelombang radar OFDM akan dilakukan secara simulasi dengan bantuan *software* MATLAB yang selanjutnya diimplementasikan pada perangkat berbasis *Software Define Radio (SDR)* untuk didapatkan hasil pengukuran yang sesungguhnya yaitu *Universal Software Radio Peripheral (USRP)* yang sebelumnya telah diprogram menggunakan *software* LabVIEWComm. Pada *software* LabVIEWComm dirancang untuk mendapatkan data yang selanjutnya dianalisis dari pantulan sinyal (*echo*) dan hasil pergeseran frekuensi Doppler yang diterima dan dirumuskan untuk didapatkan data berupa jarak dan kecepatan. Skenario pengujian hasil implementasi desain radar OFDM akan dilakukan untuk sebuah target yang bergerak. Hasil data yang didapatkan pada pengukuran dibandingkan dengan hasil simulasi sebelumnya. Kesesuaian data dan teori pendukung menjadi acuan dari keberhasilan penelitian yang dilakukan.

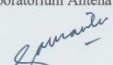
Dosen Pembimbing,


Prof. Dr. Ir. Gamantyo Hendrantoro, Ph.D.
NIP. 197011111993031002



✓ Dedet C. Riawan, ST.M.Eng, Ph.D.
NIP. 197311192000031001

Menyetujui,
Kepala Laboratorium Antena dan Propagasi


Prof. Dr. Ir. Gamantyo Hendrantoro, Ph.D.
NIP. 197011111993031002

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

LAMPIRAN B

MATHSCRIPT SIMULASI DAN PENGAOLAHAN PADA PERANGKAT LUNAK MATLAB

A. Script Simulasi Rdar Doppler OFDM

```

fc=2.1e9; %freq carrier
c=3e8;
lamda=c/fc;
Ncu=128; %jumlah Subcarrier/transmit
Nch=8 ; %jml channel
Nc=Ncu*Nch; %jml Subcarrier
B=25e6 %Nc*deltafc
T=Nc/B; %durasi ofdm
Tp=Ncu/B; %durasi cycle prefix
Ttotal=T+Tp; %total durasi simbol ofdm (Nc)
deltafc=1/T; %space antar Subcarrier
Rmax=(c*T)/(2*Nch); %jarak max
Nsym=1024 ; %jumlah simbol
cp=Tp/T %1/8; %cycle prefix
Ncp=cp*Nc; %tot CP
Vrmax=(c*(deltafc/10))/(2*fc) %kecepatan max
maxRange=(c*T)/2;
deltar=c/(2*Nc*deltafc); %resolusi jarak=
c/(2*B)
deltav=lamda/(2*Ttotal*Nsym); %resolusi
kecepatan
M=4; %Qpsk (IRANGE (M) )
n=1;

%Parameter Target
Vr=[20]; % Laju radial Target
R=[20]; % jarak target

%
%user
%membangkitkan Bit
Bit = randint(1,Nsym*Nc,M);
mappingQPSK=modulate(modem.pskmod(M,pi/4),Bit);
% scatterplot(mappingQPSK),grid;

```

```

ParData=reshape(mappingQPSK,Nc,[]);    %serial to
parallel

%IFFT
OprIFFT = ifft(ParData,Nc);
cpadd=[OprIFFT((Nc-Ncp+1):Nc,:);OprIFFT]
Tx=reshape(cpadd,1,[]);

%Pemodelan target
%%
%pemodelan jarak target
Tdelay = 2*(R(1)/c);
Tsign = Ttotal/(Nc+Ncp);
NTdelay = round(Tdelay/Tsign);
xdelay = [zeros(1,NTdelay),Tx];
xdelay = xdelay(1:length(Tx));

Tardelay=[xdelay];

% pemodelan kecepatan target
t=(0:length(Tardelay)-1)./(Nc);
fd=2*Vr/lambda;
    %Doppler
tardoppler=Tardelay.*exp(1j*2*pi*t*(fd)*Ttotal);
Chdat=tardoppler;

%%
% Penerima
ParDataRx=reshape(Chdat,Nc+Ncp,[]);
cpremv=[ParDataRx((Ncp+1):(Nc+Ncp),:)]';

OprFFT=fft(cpremv,Nc);

divRxTx = (OprFFT)./ParData;

divx = divRxTx

%pemrosesan kecepatan

```

```

Vdopp=fft(divx.',Nc);
square=(abs(Vdopp)).^2;
xaxis=8*((1:length(square(1,:)))/length(square(1, :)))*Vrmax;
norma=(square(Nc,:))/(max(square(Nc,:)));
pp=norma;
bb=10*log10(square/pp);

```

```

%pemrosesan jarak
range=ifft(divx,Nc);
squ=(abs(range)).^2;
xaxism=((1:length(squ(:,1)))/length(squ(:,1)))*m
axRange;
qq=normr(squ);
cc=10*log10(squ./qq);

```

```

figure(2)
plot(xaxis,bb(:,1))
title('Plot Kecepatan','FontSize',14)
xlabel('kecepatan(m/s)','FontSize',12)
ylabel('Amplitudo(dB)','FontSize',12)

```

```

figure(3)
plot(xaxism,cc(:,1))
title('Plot Jarak','FontSize',14)
xlabel('Jarak(m)','FontSize',12)
ylabel('Amplitudo(dB)','FontSize',12)

```

```

%plot kecepatan dan jarak dalam satu figure
dopimg=fft(divx.',Nc);
rangeimg=ifft(dopimg.',Nc);
dataimg=(abs(rangeimg)).^2;
sbx =
8*((1:length(dataimg(1,:)))/length(dataimg(1,:)))*Vrmax;
sby=((1:length(dataimg(1,:)))/length(dataimg(1,:)))*max_range;

```

```

figure(4)
imagesc(sbx,sby,dataimg)
axis([0,100,0,100])
title('Plot Ambiguitas','FontSize',14)
xlabel('kecepatan(m/s)','FontSize',12)
ylabel('jarak(m)','FontSize',12)

```

B. Script Pengolahan Pola Radiasi Antena

```

A = [0 0 0 0 0 0.3 0.7 0.8 1.8 2.2 1.8 0.8 0.7
0.3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0]; %hasil
B = [0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120
130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240
250 260 270 280 290 300 310 320 330 340
350]; %sudut

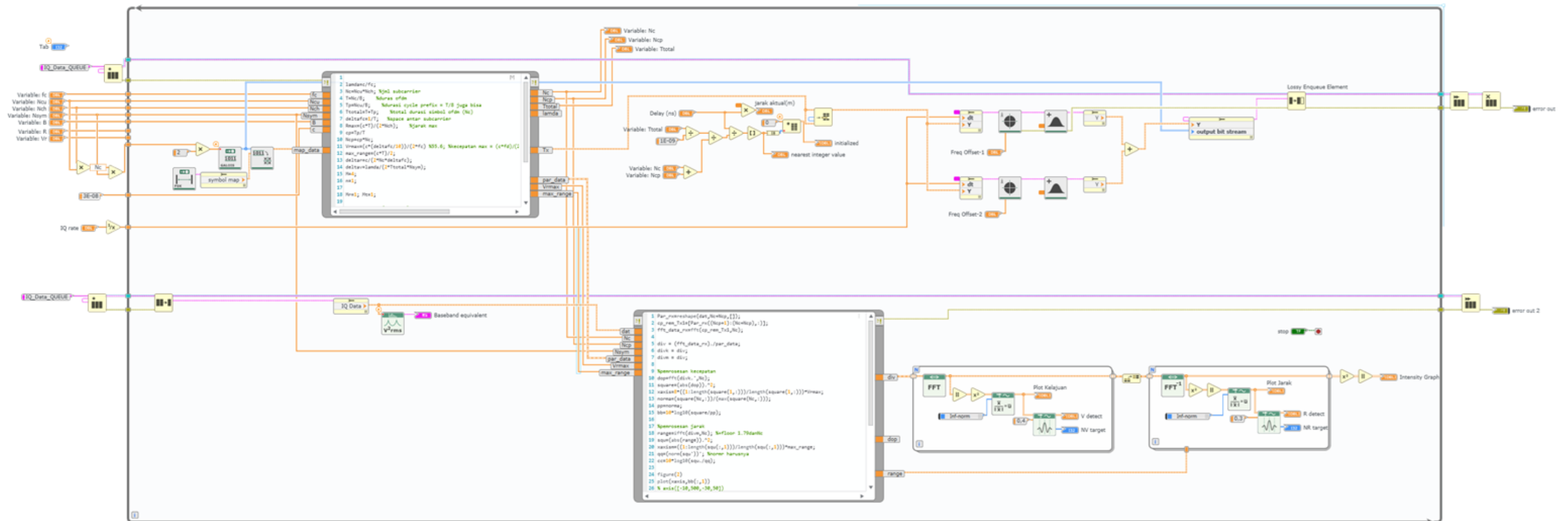
x = deg2rad(B);
figure(1)
polarplot(x,A)

```


LAMPIRAN C

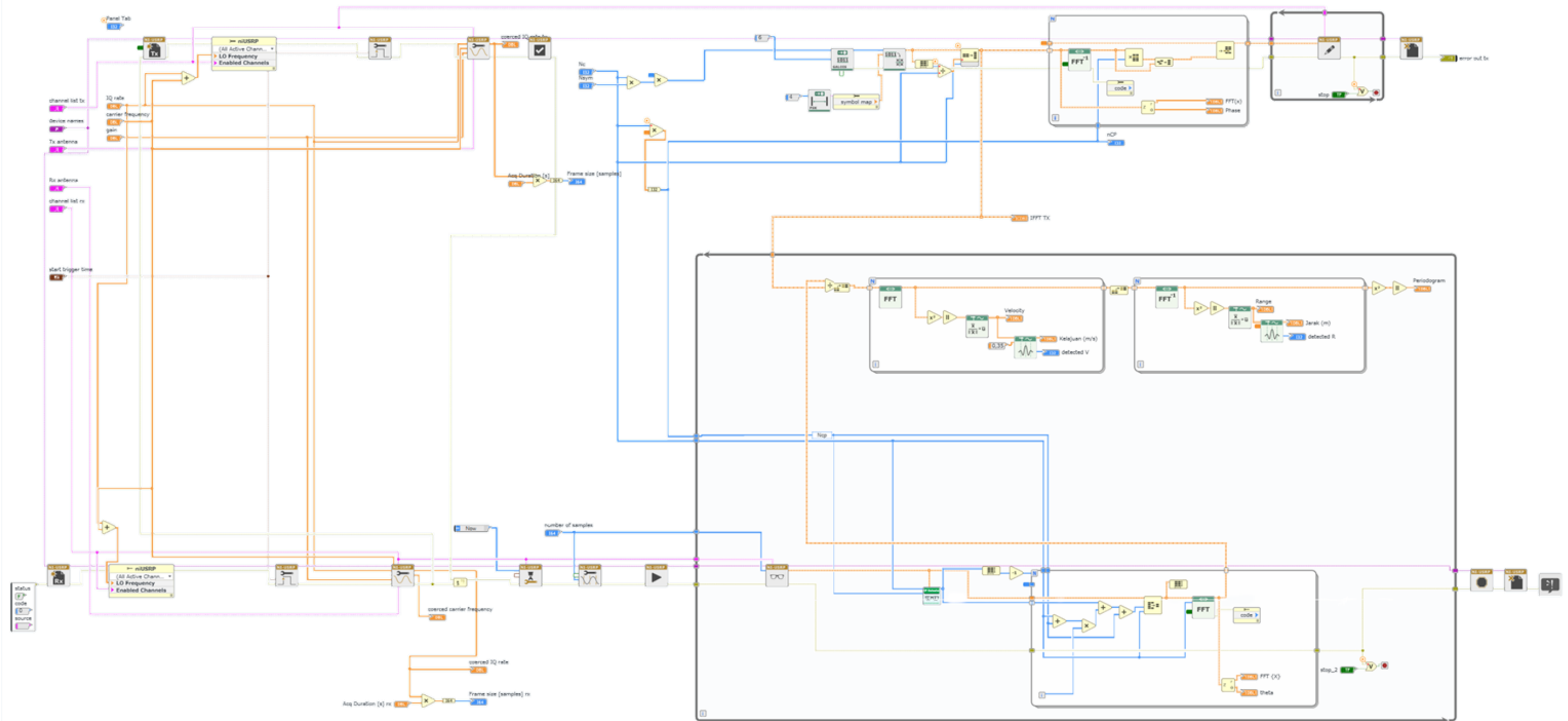
PROGRAM PADA PERANGKAT LUNAK LABVIEW COMMUNICATION

C.1 Program LabVIEW Communication Simulasi dengan Mathscript



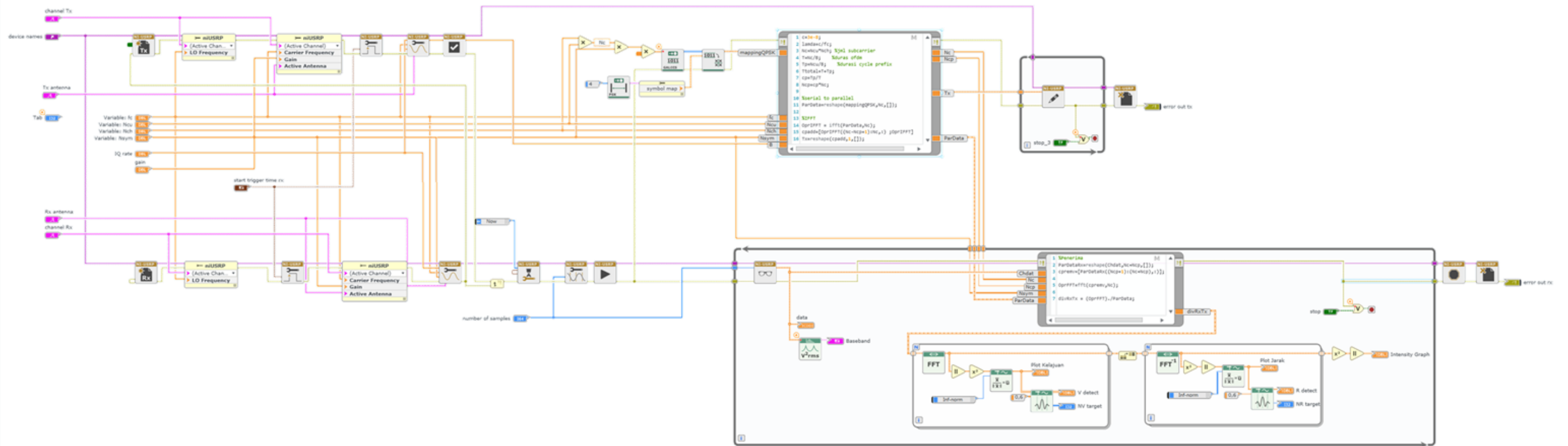
[Halaman ini sengaja dikosongkan]

C.2 Program LabVIEW Communication Pengujian pada USRP RIO



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

C.3 Program LabVIEW Communication Pengujian pada USRP RIO dengan Mathscript



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

LAMPIRAN D

DOKUMENTASI PENGUJIAN

A. Pengujian Wilayah Parkiran Gedung Robotika ITS Surabaya



D.1 Dokumentasi Pengujian I



D.2 Dokumentasi Pengujian II

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

RIWAYAT PENULIS



Irfan Ramadhan Pramudita, lahir di Bandung pada tanggal 1 Februari 1995. Anak kedua dari tiga bersaudara, merupakan anak dari pasangan Andana Pramudita yang berprofesi sebagai pegawai swasta dan Andriati Syah seorang dokter umum. Menempuh pendidikan formal dari SD Madrasah Pembangunan UIN Jakarta, lalu SMP Madrasah Pembangunan UIN Jakarta, dilanjutkan pada SMAN 34 Jakarta Selatan. Dan saat ini sedang menyelesaikan pendidikan S1 Teknik Elektro, pada bidang studi Telekomunikasi dan Multimedia,

Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Selama menempuh pendidikan S1, penulis aktif pada berbagai kegiatan dalam bidang akademik dan non-akademik.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]